

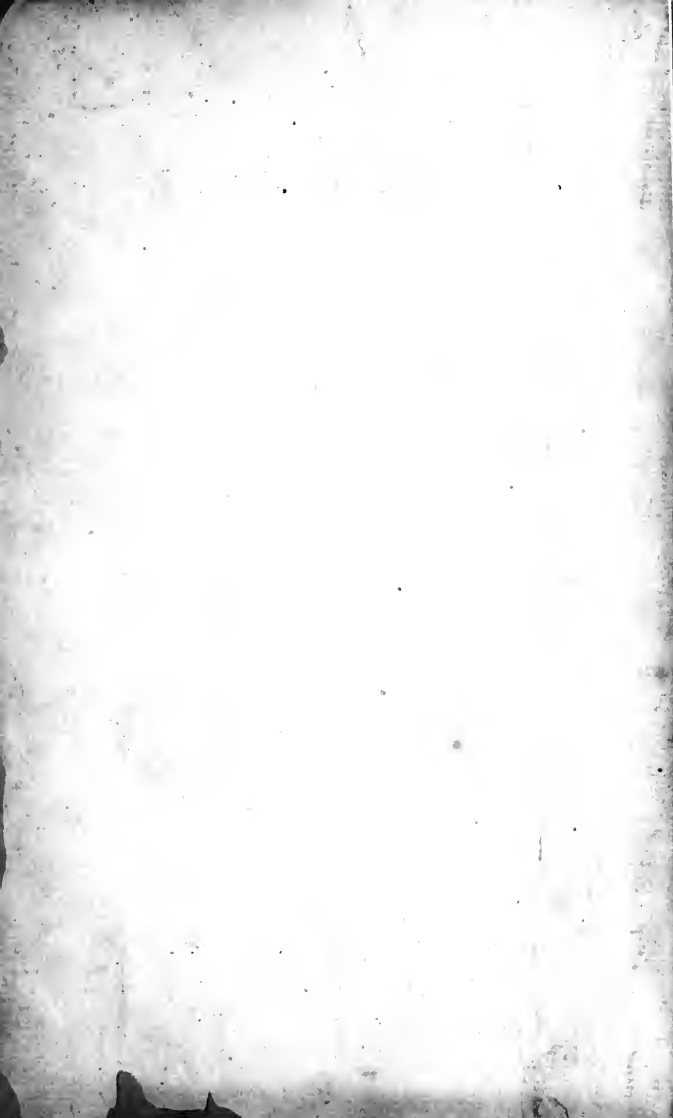


DUKE  
UNIVERSITY  
LIBRARY

*Treasure Room*

me/

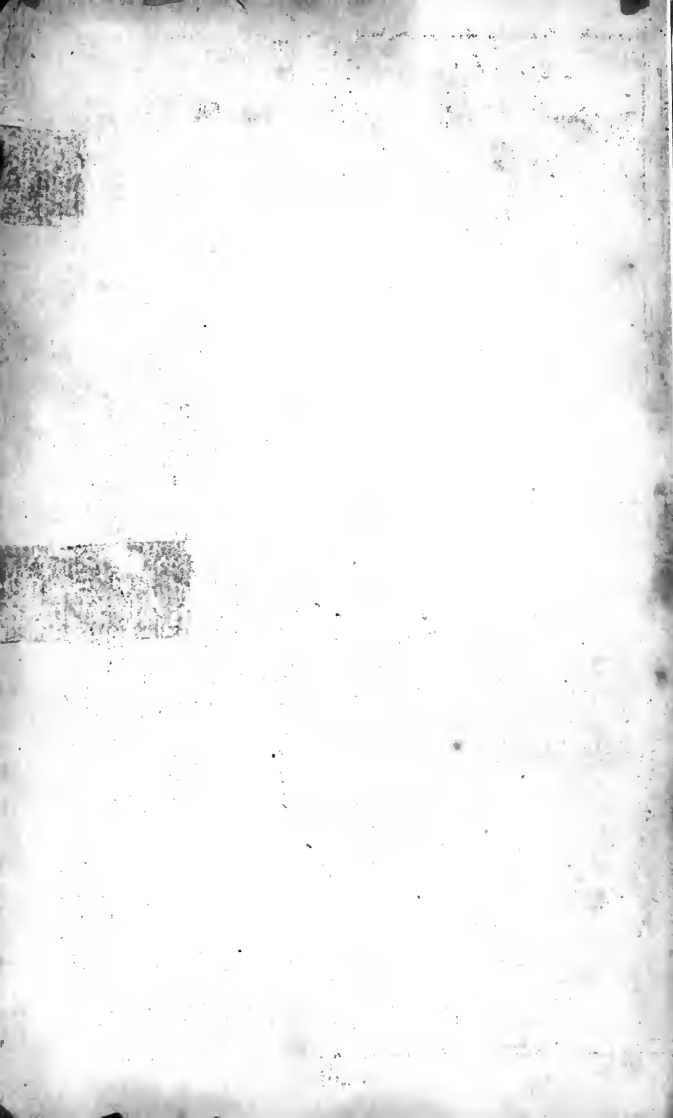








à la Hare.  
chez ARNOUT LEERS. 1885  
avec Privilège.



A U

L E C T E U R.

**C**E fut en l'année 1675. que l'Auteur de ce Livre en présenta le manuscrit au Roi qui le reçût d'une manière la plus obligeante du monde. Et comme sa Majesté avoit alors à soutenir la guerre contre les nations les plus puissantes de l'Europe qui s'étoient ligüées contre la France ; elle ne jugea pas à propos que la doctrine qui est expliquée dans cet Ouvrage, devint publique dans un tems où ses ennemis auroient pû s'en prévaloir contre Elle. Ce Livre eut alors le même sort que celui de la Nouvelle manière de Fortifier les Places, que l'Auteur avoit présentée deux ans auparavant à S. M. Et c'est seulement après avoir donné la paix à ses ennemis, qu'elle a voulu que l'Auteur fit imprimer ces deux Ouvrages avec ceux de Mathématique qu'il avoit enseignés à MONSIEUR LE DAUPHIN, voulant par ce moïen que le public pût profiter de ce qui s'est fait pour l'instruction de ce Prince.

Au reste il y a quatre parties dans ce Livre :

*la première est une espèce de relation historique de ce qui s'est fait & écrit sur le sujet des Bombes & des portées du Canon jusqu'à nous : la seconde enseigne diverses pratiques sur le même sujet & particulièrement pour le jet des Bombes en toutes sortes de position du mortier tant par les Sinus que par les Instrumens , par les Tables , par le Compas de proportion , &c. La troisième est de pure Théorie qui démontre à fond tout ce qui s'est dit sur cette doctrine & ce qui s'est proposé dans les pratiques : la quatrième résout les objections que l'on peut faire tant contre la Théorie que contre les pratiques , dont elle confirme la doctrine par les expériences.*



# A U R O I.



IRE,

Peut-être que je viens un peu hors de saison, offrir à V O T R E M A J E S T É ce Traité de l'Art de jetter les Bombes, dans un tems où Elle vient de donner la paix à l'Europe, & où il semble que la science de l'Artillerie ne doive plus être employée qu'à faire des feux de joye. J'espère néanmoins que mon ouvra-

ge ne lui fera pas tout-à-fait désagréable, & qu'Elle y verra avec quelque plaisir les règles d'un Art dont Elle s'est si utilement servie dans ses Conquêtes, & qui n'a pas été un des moindres instrumens de ses Victoires. J'ose me flater qu'Elle approuvera le dessein que j'ai d'empêcher un Art si noble de périr, en le réduisant aux Règles certaines de la Mathématique, & donnant moyen aux Eleves de s'y perfectionner. D'ailleurs, SIRE, c'est dans le tems de la paix, à bien parler, que l'on doit étudier le métier de la Guerre, & il ne faut pas attendre à en acquérir la connoissance, qu'on soit obligé de le mettre en pratique. C'est dequoi V. M. a donné

né

né Elle-même d'illustres preuves, lors-que dans le sein de la Paix, au milieu du calme & du repos, Elle aguerissoit, pour ainsi dire, ses soldats par les fréquentes revûes qu'Elle leur faisoit faire, & par les continuëls exercices où Elle les occupoit. Ainsi quand V. M. s'est mise en Campagne, Elle a trouvé des troupes toutes dressées, & a été d'abord en état d'exécuter toutes ces grandes choses qui sont à peine croyables à ceux qui les ont vûës, & dont tout l'avenir parlera avec étonnement. C'est donc, SIRE, pour seconder, en ce que je puis, de si glorieux desseins, que je mets ce Traité au jour. Heureux ! s'il peut être en effet utile à V. M. &

M. & si Elle a la bonté de le recevoir  
comme un témoignage de la reco-  
noissance que je lui dois pour les gra-  
ces dont Elle m'a comblé. Je suis

S I R E

DE VÔTRE MAJESTÉ,

Le tres-humble, tres-obéissant  
& tres-fidèle sujet & serviteur

BLONDEL.

L'IM-



# L'ART DE JETTER

## LES

# B O M B E S,

Et de connoître l'étendue des coups  
de volée d'un Canon en toutes  
sortes d'Elevations.

### PREMIERE PARTIE.

Opinions fausses du Jet des Bombes  
avant Galilée.

---

## LIVRE PREMIER,

### De l'Origine & de l'Usage des Bombes.

#### CHAPITRE PREMIER.

#### *Origine des Bombes.*



L'Usage des Bombes & des Grenades n'est pas fort ancien : Et quoi que l'on ait quelque exemple dans l'Histoire de certains vases de feu que l'on lançoit avec des machines

LIV. I  
CHAP.  
I. Ori-  
gine  
des  
Bom-  
bes.

A

dans

LIV. I.  
CHAP  
I. Ori-  
gine  
des  
Bom-  
bes.

les Villes des Ennemis; il est constant que c'étoit toute autre chose que nos Bombes que l'on charge de Poudre à Canon, dont on n'avoit alors aucune conoissance.

Les premieres que l'on a veuës ont été jettées dans la Ville de Waethendonch en Gueldres que le Comte de Mansfeld assiégeoit sous le Prince de Parme en l'année 1588. où ces Bombes ayant en peu de temps ruiné tous les logemens, elles étonnerent tellement ceux de la Place qu'ils furent contraints de se rendre.

L'on dit qu'un Habitant de Venlo dans la même Province les avoit inventées quelque temps auparavant, pour s'en servir seulement aux feux d'artifice de plaisir: Et que pour divertir le Duc de Cleves, qui se trouvoit alors à Venlo, il en avoit jetté plusieurs en sa presence, dont l'une par malheur tombant dans une des maisons, elle y avoit allumé un embrasement si horrible, que la meilleure partie de cette pauvre Ville en avoit été consumée, sans que l'on pût y apporter aucun remede. Il

Il y a des Historiens Hollandois qui rapportent , que peu de mois avant ce malheur , un Ingenieur Italien avoit fait quelques experiences semblables à Bergopson , pretendant rendre l'usage de ses bombes facile & utile pour la Guerre ; mais qu'il s'étoit miserablement brûlé lui-même , mettant le feu par hazard à la composition qu'il faisoit pour ce sujet.

LIV. I.  
CHAP  
I. Ori-  
gine  
des  
Bom-  
bes.

Quoy qu'il en soit , il est tres-veritable que l'on n'avoit rien veu de pareil en ce temps-la : Bien que l'usage des mortiers soit peut-être autant ancien que celui des Canons mêmes , puisque nous en voyons de fer & de fonte d'une fort ancienne structure , & que nous sçavons que l'on s'en est fort servi dans les Guerres d'Italie au commencement du siecle passé , à jetter des pierres & des balles de Canon ardentes pour mettre le feu dans les Villes.

Il y a même le dessein d'un mortier qui lance un boulet enflammé parmi diverses autres pieces d'artillerie , qui sont figurées dans le frontispice du Li-

4 L'ART DE JETTER  
vre de *Nicolo Tartaglia* Mathématicien  
de Bresse en Italie, imprimé en l'an-  
née 1538.

---

CHAPITRE II.

*Premier usage des Bombes en France  
par Maltus.*

LIV. I.  
CHAP  
II. Pre-  
mier  
usage  
des  
Bom-  
bes en  
France  
par  
Maltus

**L**Es Espagnols & les Hollandois se  
sont servi de Bombes & de Gren-  
des dans les longues Guerres qu'ils ont  
eues ensemble : Mais c'est seulement en  
l'année 1634. au premier siege de la  
Motte, que nous en avons veu dans nos  
armées. Il n'est pas vray que l'on en ait  
jetté pendant le siege de la Rochelle,  
comme *Casimir Siemienouski* Polonois  
l'a dit dans son Livre du grand Art de  
l'Artillerie. Le feu Roy avoit fait ve-  
nir d'Hollande le sieur Maltus Ingenieur  
Anglois pour cet effet ; Et nous l'avons  
veu en plusieurs sieges servir principale-  
ment aux batteries des Bombes avec  
beaucoup de succès. A Colioure en  
l'année 1642. , il en jetta une qui creva  
la Cisterne & obligea les assiegez à se  
ren-

rendre plutôt qu'ils n'auroient fait sans cet accident.

Il n'avoit point dans les commencemens toute l'expérience qu'il a acquise dans la suite. Au premier siege de Landreci en l'année 1637., sa batterie étoit dans une redoute à l'attaque de Monsieur le Cardinal de la Valette ; Et l'on venoit se plaindre à tous momens que les Bombes qu'il pensoit jetter dans la Place, passioient par dessus & alloient tuer du monde dans la trenchée aux attaques de Monsieur de Candale & de Monsieur de la Meilleraie qui étoient aux autres côtés de la Ville.

Il lui arriva même un assés grand malheur pendant ce siege. La curiosité ayant amené dans sa batterie plusieurs Officiers Generaux de l'armée, il tira quelques Bombes en leur presence ; mais enfin ayant mis le feu à la fusée d'une Bombe chargée, comme il voulut le mettre à l'amorce de la lumiere du mortier, sa meche se trouva éteinte ; il en prit l'épouvante & criant, sauve qui peut, il sauta le premier par dessus le

LIV. I.  
CHAP  
II. Premier  
usage  
des  
Bombes en  
France  
par  
Maltus

LIV. I.  
CHAP  
II. Pre-  
mier  
usage  
des  
Bom-  
bes en  
France  
par  
Maltus

parapet de la redoute : chacun en voulut faire de même, mais la foule & le desordre furent si grands, que la Bombe crevant dans le mortier & le mettant en mille morceaux, elle tua ou estropia beaucoup de gens.

Cet Ingenieur fut tué au dernier siege de Gravelines par un malheur tout à fait extraordinaire. Il avoit remarqué un poste près de la Contr'escarpe des Ennemis où il avoit dessein de pousser son travail à l'entrée de la nuit, & voulant le faire voir à l'Officier General, il fit un saut dans la tranchée pour en reconnoître la situation ; l'Officier en fit un après luy & n'ayant pas assés bien reconnu l'endroit, il pria Maltus de sauter encore une fois pour le lui faire mieux remarquer : Maltus le fit & receut en l'air un coup de mousquet dans la tête. Ce qui fit dire par une espece de raillerie, qu'il avoit été tiré en volant.

Toute sa science étoit purement d'experience. Il n'avoit aucune connoissance des Mathematiques, ni d'aucune autre science qui pût lui faire sçavoir

voir la nature du mouvement des Bombes, & de la ligne courbe qu'elles décrivent dans l'air par leur passage, ou de la différence de leurs portées suivant les différences de leurs élévations. Il ne pointa jamais son mortier que par hazard & en tatonnant, ou pour mieux dire par l'estime qu'il faisoit de l'éloignement du lieu où il vouloit jeter la Bombe, suivant lequel il lui donnoit plus ou moins d'élévation ; prenant garde si les premiers coups étoient justes ou non, afin de baisser son mortier, si sa portée étoit courte ; ou le hausser, si elle alloit au delà de son but ; se servant à cet effet d'une esquerre dont il faisoit parade ; & dont je parleray amplement cy-après.

LIV. I.  
CHAP  
II. Pre-  
mier  
usage  
des  
Bom-  
bes en  
France  
par  
Maltus

## CHAPITRE III.

CHAP  
III.

*Il y a des regles certaines pour les jets des Bombes inconnues aux Bombardiers.*

**L**A plus grande partie des Officiers, qui servent presentement aux batteries des Bombes, sont des Elevés de Maltus ; & je n'en ay encore veu aucun,

LIV. I.  
CHAP  
III. Il  
y a des  
regles  
certai-  
nes  
pour  
le Jet  
des  
Bom-  
les  
inco-  
nues  
aux  
Bom-  
bar-  
diers.

qui eut autre conoissance de cet art que de l'experience de pratique. Ceux qui en ont écrit parmi nous & Maltus luy-même, n'en disent point d'avantage. Ils veulent que l'on sçache à peu près, par la pratique, l'élevation que l'on doit donner à un mortier pour le faire porter à la distance que l'on souhaite; Et que l'on ait le soin d'augmenter ou de diminuer cette élévation à proportion que la Bombe se trouve plus ou moins éloignée ou en deça ou en dela du but.

Mais comme il a des règles certaines & démonstratives, fondées sur la Geometrie & sur la conoissance que l'on a acquise de la nature du mouvement des corps jettez, & de la ligne courbe qu'ils décrivent par leur passage en l'air; par le moyen desquelles on peut raisonner autant jüsté que l'on le peut humainement sur la différente étendue des portées, non seulement des Bombes mais du Canon même en toutes sortes d'Élevation: & comme on a sur ce fondement inventé des instrumens qui peuvent donner des facilités extraordinaires à l'art de jetter les Bombes. J'ay



J'ay crû que je ferois service au public si j'approfondissois cette matiere, recherchant avec soin ce qui en a été dit par les Auteurs, & faisant remarquer ce qu'il y a de faux dans le raisonnement des uns, & ce que l'on peut recevoir pour assuré dans les pratiques des autres.

Il y a peu de matiere physique sur laquelle on ait écrit plus de volumes que sur la nature du mouvement des corps & dont pourtant on ait eu moins de connoissance par le passé. Tous les Philosophes anciens ont fort bien sçû que les mouvemens des corps qui tombent, & qu'ils ont appelé le mouvement naturel, s'augmentent incessamment à mesure qu'ils s'éloignent du commencement de leur cheute : mais personne n'a sçû dire par quelle proportion se fait cette augmentation de vitesse. Ils ont bien connu que les corps jettez en l'air, par un mouvement qu'ils ont appelé violent, y décrivent en passant une ligne courbe ; mais il n'ont jamais dit de quelle nature est cette ligne, & quelles en sont les propriétés.

LIV. I.  
CHAP  
III. Il  
y a des  
regles  
certain-  
nes  
pour le  
jet des  
Bom-  
bes in-  
conües  
aux  
Bom-  
bar-  
diers.

*Sentiment de Tartaglia sur le jet des Bombes.*

LIV. I.  
CHAP  
IV.  
Senti-  
ment  
deTar-  
taglia  
sur le  
jet des  
Bom-  
bes.

**N**ICOLO TARTAGLIA, Mathématicien de la Ville de Bresse dans l'Etat des Venitiens, duquel nous avons parlé cy-devant, & qui vivoit au commencement du siècle passé, est le premier qui a recherché l'un & l'autre, & qui en a voulu faire l'application au mouvement des boulets tirés par le Canon ou par le mortier.

Mais comme il a établi certains principes de physique, qui ne sont pas véritables; il ne faut pas s'étonner que ses conclusions soient éloignées du véritable génie de la nature. Il a crû qu'il n'y pouvoit avoir de mouvement qui fut composé du naturel & du violent; ce qui lui a fait dire que la ligne courbe qu'un boulet, sortant d'un mortier ou d'une pièce d'Artillerie, décrit en passant dans l'air, se faisoit en partie par le mouvement violent dont la force va toujours en diminuant, & en partie par le mouvement naturel qui augmente in-

incessamment de vitesse à mesure qu'il s'éloigne de son principe. Ce qui est faux dans la ligne que décrivent les Corps jettés dans laquelle ils diminuent incessamment de vitesse.

Il avoit beaucoup medité sur ce sujet; & dans le titre du livre que nous avons de lui intitulé *de la science Nouvelle*, il promet de donner l'ordre & la proportion avec laquelle les portées des coups de Canon ou de mortier s'augmentent ou diminuent suivant la différente élévation de la piece, & le moyen de calculer toutes les différentes étendues des mêmes portées sur la connoissance d'un seul coup tiré & mesuré. Il est vrai que dans la suite de son discours il dit que, cette science pouvant contribuer à la ruine & à la perte des hommes, il avoit résolu de la supprimer, se réservant néanmoins la faculté de l'enseigner de vive voix à ceux qui s'en voudroient servir contre les Infideles.

Il a cependant produit plusieurs choses nouvelles pour la guerre; & nous pouvons dire en passant que c'est lui qui

LIV. I.  
CHAP.  
IV.  
Sentiment  
de Tar-  
taglia  
sur le  
jet des  
Bom-  
bes.

LIV. I.  
CHAP.  
IV.  
Senti-  
ment  
de Tar-  
taglia  
sur le  
jet des  
Bom-  
bes.

s'est avisé le premier d'arondir les flancs de ses Bastions en dedans de leur demi gorge ; dont je voy que l'on a renouvel-  
lé l'usage depuis peu parmi nous : Quoi que les raisons de *Tartaglia* soient bien différentes des nôtres.

Les Courtines étoient extrêmement longues de son temps, & les Bastions tres-petits. L'attaque se faisoit alors le plus souvent au milieu de la courtine : ainsi il étoit bon de disposer le flanc de cette forme, afin que ces pièces pussent non seulement les flanquer, mais tirer même dans le dos des breches que l'on y auroit faites : à quoy les flancs arondis en dedans font un merveilleux effet, contenant plus de pieces tournées vers la Courtine que les flancs en ligne droite.

Mais à present que les attaques se font aux faces des Bastions, il me semble que le Canon des flancs doit être principalement tourné de leur côté, & que ceux qui ne voient que la courtine ne font pas de grand usage : Auquel cas il est faux de dire qu'un flanc arondi con-  
tienne plus de Canons voyans la face  
oppo-

opposée, qu'un flanc droit ; Et cet usage à mon sens , ne sert qu'à ôter du terrain dans la gorge du Bastion en la resser- rant, à diminuer la défense en l'allon- geant, & à augmenter inutilement la dé- pence.

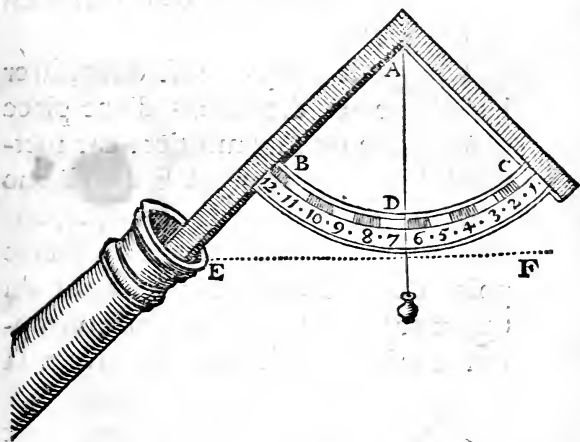
LIV. I.  
CHAP.  
IV. Senti-  
ment  
de Tar-  
taglia  
sur le  
jet des  
Bom-  
bes.

CHAPITRE V.

*Equerre des Canoniers inventée par Tartaglia.*

C'Est encore le même *Tartaglia* qui  
C'est l'Inventeur de l'Equerre des Ca-  
noniers dont voici la figure.

CHAP  
V.



Elle a deux bras attachez à angles droits,  
A 7 dont

LIV. I.  
CHAP  
V. E-  
querre  
des Ca-  
noniers  
inven-  
tée par  
Tarta-  
glia.

dont l'un est plus long que l'autre, afin de pouvoir entrer dans l'ame de la piece que l'on veut pointer. Les bras sont enfermés d'un quart de Cercle, dont le centre est au point où ils sont joints, & où il a un filet attaché avec un plomb. Le quart de Cercle est divisé en 12. parties égales à commencer du côté du plus petit bras : ces parties s'appellent des *points*, & chaque point est encore divisé en 12. autres particules que l'on appelle des minutes : & par ce moyen le quart de Cercle entier est divisé en 144. parcelles.

L'usage de l'Equerre est de mesurer les differentes elevations d'une piece d'Artillerie ou d'un mortier : car mettant le bras le plus long A E. dans l'ame du Canon, le plomb tombant perpendiculairement, marque par son filet le point de l'elevation sur le bord du Quart de Cercle. Comme si l'on suppose que la piece soit élevée suivant la ligne droite E A, & que la droite E F soit mené parallele à l'horizon ; il est aisé de démontrer que l'angle de l'Elevation,

tion F E A, est égal à l'angle C A D LIV. I.  
CHAP. V. E-  
qui est marqué par le nombre des points querre  
desCa-  
noniers  
compris entre le bras C de l'Equerre & inven-  
tée par  
Tarta-  
glia.  
le filet A D.

Il y a apparence que *Tartaglia* a crû  
que les différentes étenduës des coups  
de Canon ou de mortier suivant leurs  
différentes élévations, croissoient ou  
decroissoient à proportion des points  
de son Equerre; C'est à dire qu'un coup  
d'une piece pointée au quatrième point  
alloit quatre fois plus loin, que lors  
qu'elle étoit pointée au premier point;  
& deux fois plus loin que lors qu'elle é-  
toit seulement élevée au deuxième.  
Car je ne voy pas que la division de cet  
instrument puisse être d'aucun autre  
usage.

Mais il a été bien trompé s'il a été  
persuadé que les portées d'une piece  
s'augmentoient ou diminuoient suivant  
cet ordre, puisque nous sçavons par la  
raison & par l'expérience, qu'elles sui-  
vent une proportion infiniment éloignée  
de celle-la.

LIV. I.  
CHAP  
VI.

## CHAPITRE VI.

Autres  
décou-  
vertes  
de Tar-  
taglia.*Autres découvertes de Tartaglia.*

**I**L est néanmoins le premier qui se soit apperçu, qu'il étoit absolument impossible qu'il y eut aucun endroit dans toute l'étendue de la ligne, que le boulet ou la bombe décrit par son passage dans l'air, fut en ligne droite, & qu'il falloit nécessairement que cette ligne fut courbe en toutes ses parties.

C'est le même qui a dit le premier que les coups tirés à l'élevation du sixième point de son Equerre qui répond à l'angle de 45 degrez, étoient ceux dont la portée étoit de plus grande étendue, & qu'ils alloient plus loin non seulement que les coups tirés lors que la pièce étoit moins élevée comme au quatrième ou au cinquième point, mais que ceux même qui partoient d'une élévation au dessus comme au septième ou huitième point & même plus haut.

Il dit que les Canoniers de son temps étoient persuadés que les coups tirés à  
deux



deux points au dessous du fixième, étoient plus grands que ceux du fixième ; mais qu'ils en avoient été defabusés par la doctrine & par l'experience, après une gageure faite à Verone en l'année 1532, où l'on tira deux coups d'une Coulevrine de vingt livres chargée également de poudre & de balle, l'un sur l'élevation du fixième point, & l'autre sur celle de deux points au dessous.

Il avouë qu'il n'étoit pas present à l'experience & que ce qu'il dit de l'étendue de chaque coup, n'est que sur le raport des autres, qui lui firent entendre que le premier coup au fixième point avoit porté à la longueur de 1972 perches Veroneses qui sont à peu près égales à nos toises, & l'autre coup au deuxième point au dessous du fixième, à la longueur de 1872.

Surquoy il fait cette reflexion, qu'il faut dans la supputation de ces deux nombres, qu'il y soit arrivé de trois choses l'une ; ou que l'on n'ait pas mesuré exactement l'étendue de ces deux coups ; ou que l'on ne la lui ait pas rapportée

deux

LIV. I.  
CHAP  
VI. Au-  
tres de-  
couver-  
tes de  
Tarta-  
glia.

LIV. I.  
CHAP  
VI. Au-  
tres de  
con-  
vertes  
de Tar-  
taglia.

au juste ; ou que la piece au second coup ait été plus chargée ou de meilleure poudre qu'au premier : parce, dit-il, que la raison lui fait conoitre que la portée du second coup ne devoit pas être si grande à proportion du premier. S'il avoit marqué de combien elle devoit être moindre, nous pourrions tirer quelque conoissance de ses sentimens ; Mais il ne dit rien de plus.

Ce qu'il dit néanmoins que le second coup ne devoit pas être si grand, est véritable ; car l'angle droit de l'Equerre étant partagé en 12. parties égales, chaque point contient  $7\frac{1}{2}$ . deg. , & partant l'élevation à deux points au dessous du sixième est à 15. deg. sous le demy droit, c'est à dire à 30. deg. ; suivant laquelle la portée ne devoit être au vrai que de 1710. perches, si celle de 45. deg. avoit été de 1972.

Cette difference si notable me fait conjecturer qu'il y a faute au texte de l'Auteur, & qu'au lieu de deux points au dessous du sixième, il faut lire un point au dessous du sixième ; Car la  
por-

portée du second coup de 1872 perches supposé que celle du premier coup à l'élevation de 45. degrés fut de 1972. demande l'élevation de près de 36. deg. qui n'est pas éloignée de celle du cinquième point de l'Equerre, qui est un point au dessous du sixième.

LIV. I.  
CHAP.  
VI. Au-  
tres de-  
couver-  
tes de  
Tartag-  
lia.

Supposant donc, ce qui est tres veritable, que les differentes étenduës des coups de volée ne suivent point du tout la proportion des points de l'Equerre de *Tartaglia*; il paroît que pour s'en servir avec quelque utilité, il faudroit que le Canonier éprouvât sa piece élevée à tous les points & même à toutes les minutes de son Equerre, & qu'ayant exactement mesuré toutes les portées, il se souvint precisement de chacune pour s'en servir quand il auroit besoin de la faire chasser à une distance égale. Deplus il faudroit qu'il se souvint de donner toujours la même charge & la même poudre à sa piece; autrement ses experiences seroient inutiles. Et ce qui est de plus incomode, c'est qu'elles ne lui pourroient servir en aucune maniere

pour

LIV. I.  
CHAP  
VI.

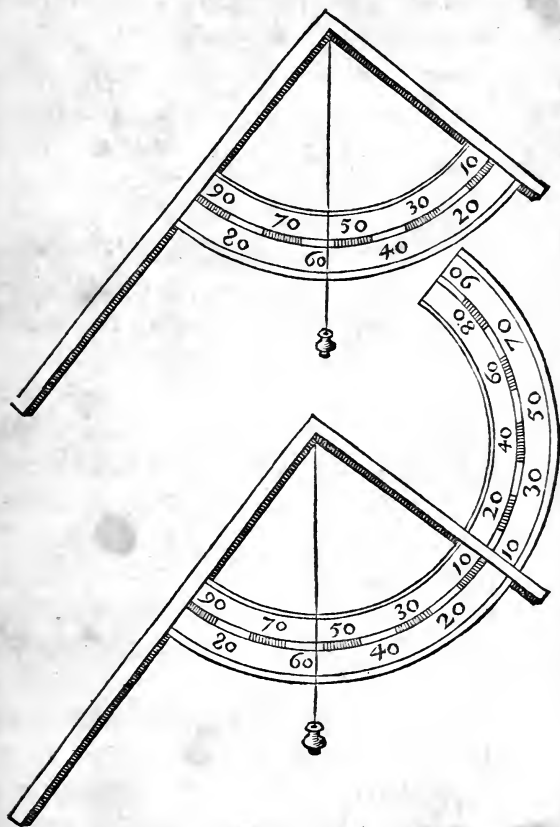
Autres  
décou-  
vertes  
de  
Tarta-  
glia.

pour les coups tirés d'une autre piece ; sur laquelle il faudroit qu'il fit de nouvelles épreuves. De sorte que comme il est moralement impossible de faire un art sur la disposition de tant & de si différentes experiences , & dont il est même tres-difficile de se souvenir; Il paroît que cet instrument ne sert à proprement parler qu'à faire parade d'une fausse capacité.

L'utilité que les plus habiles d'entr'eux ont accoutumé d'en tirer , est de remarquer au juste l'élevation des premiers coups, qu'ils tirent, comme j'ay dit, sur l'estime de la distance & sur la connoissance qu'ils ont à peu près par la pratique de la portée de leur piece ou de leur mortier. Auquel cas l'Equerre ordinairement divisée par degrez est bien plus universelle & peut servir à beaucoup d'autres usages. Elle est, comme celle de *Tartaglia* composée de deux bras inégaux à angles droits, dont le plus grand sert à mettre dans la piece, ou dans le Mortier. Le quart de Cercle est divisé en 90. degrez à commencer du bras le plus court, & le plomb est attaché par un filet au

cen-

centre. Quelques uns font passer l'arc de LIV. I.  
cercle au dela du plus petit bras , afin de CHAP.  
VI.



s'en servir pour les coups pointés au  
dessous du rés de chauffée.

Sentimens des Auteurs modernes sur la nature du jet des Bombes.

CHAPITRE PREMIER.

*Sentiment de Diego Ufano sur les coups de volée.*

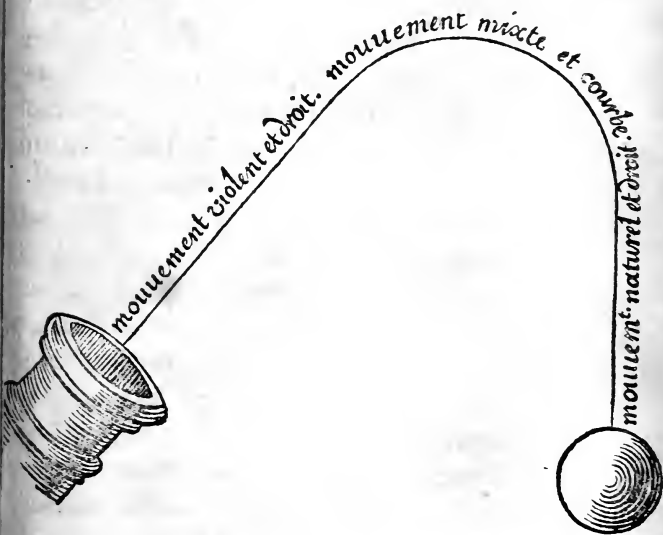
CHAP.  
I. Sentiment  
de Diego U-  
fano  
sur les  
coups  
de vo-  
lée.

**V**N Capitaine Espagnol appelé *Diego Ufano* qui avoit long temps servi dans l'Artillerie aux guerres de Flandre, & particulièrement au siege d'Ostende fit, en l'année 1611. imprimer un livre rempli de beaucoup de doctrine sur ce sujet, dans lequel entr'autres observations curieuses, il enseigne une maniere particulière de calculer les portées des coups de volée : Laquelle est à la verité subtile & ingénieuse ; mais elle n'est point veritable, parce que cet officier n'a pas conû la nature de la ligne courbe que le boulet décrit en passant dans l'air.

Il y distingue trois mouvemens, dont le premier qu'il appelle violent est en ligne droite, le second qu'il appelle mixte est en ligne courbe, & le troisié-  
me

me qu'il appelle mouvement pur ou naturel est aussi en ligne droite. C'est à dire qu'il conçoit que la force de la poudre communique au boulet un mouvement qui le porte en ligne droite suivant la direction de la piece tant que cette force est assez grande ; mais lors que se rallentissant elle vient à être égallée par la pesan-

LIV. II.  
CHAP.  
I. Sentiment de Diego Ufano sur les coups de volée.



teur du boulet, la direction de la ligne se chan-

LIV. II. change, & elle devient courbe par le  
 CHAP. mélange des deux impressions: Et cet-  
 I. Sen- te courbe devient droite & perpendicu-  
 timent laire lors que la pesanteur, ayant en-  
 de Die- tierement surmonté & même effacé la  
 go U- force imprimée par le feu, elle se trou-  
 fano ve en liberté de porter le boulet en lig-  
 sur les ne droite vers le centre de la terre.  
 coups  
 de vo-  
 lée.

Ce sentiment lui est commun avec la plûpart des Ingenieurs & Canoniers Italiens & Allemans, qui n'ont pas compris que la gravité d'un corps n'est jamais oisive; & que quelque violente que puisse être l'impression du feu du Canon qui porte le boulet suivant la direction de la piece, elle n'empêche pourtant point que le boulet au sortir de sa bouche, ne se porte toujours vers le centre de la terre avec les mêmes degrés de vitesse, dans les mêmes proportions des temps, & par les mêmes intervalles, que s'il tomboit de lui-même ou de son propre poids sans être autrement transporté. Et ce mouvement de cheute étant différent de celui de l'impression, il altere nécessairement la ligne de la direction



rection du boulet, laquelle par ce moyen ne peut jamais être droite comme ils le prétendent. Mais cette matière sera ci-après expliquée plus particulièrement.

LIV. II.  
CHAP.  
II.  
Dé-  
cou-  
vertes  
du mê-  
me U-  
fano.

## CHAPITRE II.

*Découvertes du même Ufano.*

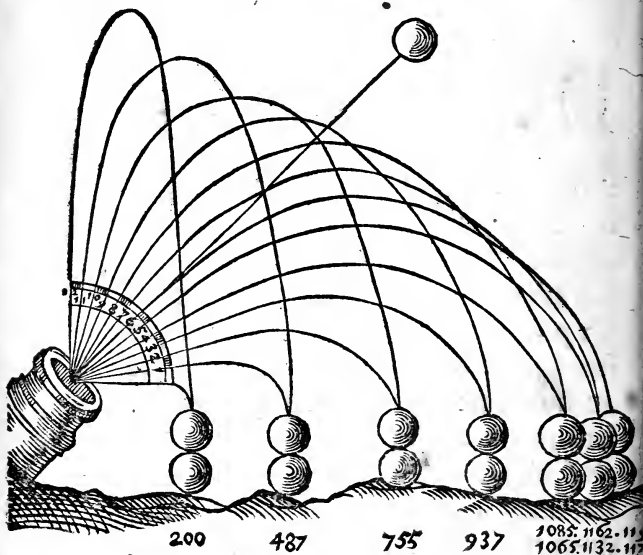
**D**IEGO UFANO est néanmoins un des premiers qui aient scû que les portées des coups tirés sous l'élévation des points de l'Equerre également éloignez du sixième, étoient égales. C'est-à-dire qu'une pièce de Canon ou un mortier pointé au septième point chassoit justement autant que lors-qu'il étoit pointé au cinquième, & au huitième autant qu'au quatrième. Et ainsi des autres.

Voici une de ses figures où les chiffres des portées sont tirés de ses Tables dont nous parlerons ci-après. Il y a des fautes considérables dans ceux de la figure de son livre que j'ai corrigées dans celle-ci, où j'ai mis les portées à peu près dans la distance qu'elles doi-

B

vent

LIV. II. vent être à proportion des nombres  
 CHAP. qui leur répondent; ce qui n'est pas  
 II. Dé- dans celle de l'Auteur où les portées  
 couver- sont éloignées également l'une de l'au-  
 res du tre. Sa plus grande portée au fixième  
 même point n'est marquée que de 1170 pas, au  
 Ufano.



Pont de  
 12. ne.

cinquième de 1132, & au quatrième  
 de 1065; au lieu desquels nombres  
 j'ai mis 1190 pas pour le sixième point,  
 1162 pour le cinquième, & 1085 pour  
 le

le quatrième. Je dirai les raisons de ce changement lors-que j'aurai expliqué la méthode générale qu'il enseigne pour calculer les portées.

LIV. II.  
CHAP.  
II. Décou-  
vertes du  
même  
Ufano.

| T A B L E        |          |    | dégrez. portées. |        |    |
|------------------|----------|----|------------------|--------|----|
| D'UFANO.         |          |    |                  |        |    |
| dégrez. portées. |          |    |                  |        |    |
| 0                | 200 pas. |    | 21               | 914    | 24 |
| 1                | 244      | 44 | 22               | 937    | 23 |
| 2                | 287      | 43 | 23               | 959    | 22 |
| 3                | 329      | 42 | 24               | 980    | 21 |
| 4                | 370      | 41 | 25               | 1000   | 20 |
| 5                | 410      | 40 | 26               | 1019   | 19 |
| 6                | 449      | 39 | 27               | 1037   | 18 |
| 7                | 487      | 38 | 28               | 1044 * | 17 |
| 8                | 524      | 37 | 29               | 1056 * | 16 |
| 9                | 560      | 36 | 30               | 1065 * | 15 |
| 10               | 595      | 35 | 31               | 1079 * | 14 |
| 11               | 629      | 34 | 32               | 1082   | 13 |
| 12               | 662      | 33 | 33               | 1094   | 12 |
| 13               | 694      | 32 | 34               | 1105   | 11 |
| 14               | 725      | 31 | 35               | 1115   | 10 |
| 15               | 755      | 30 | 36               | 1124   | 9  |
| 16               | 784      | 29 | 37               | 1132   | 8  |
| 17               | 812      | 28 | 38               | 1149   | 7  |
| 18               | 839      | 27 | 39               | 1155   | 6  |
| 19               | 865      | 26 | 40               | 1160   | 5  |
| 20               | 890      | 25 | 41               | 1164   | 4  |
|                  |          |    | 42               | 1167   | 3  |
|                  |          |    | 43               | 1169   | 2  |
|                  |          |    | 44               | 1170   | 1  |
|                  |          |    | 45               | 1171   | 1  |

Outre les nombres qu'il donne pour les coups élevés aux points de l'Equer-

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Dé-  
couver-  
tes du  
même  
Ufano.

re de *Tartaglia*, il donne une suite entière pour les élévations à chaque degré, dans laquelle supposant, comme il a fait dans sa figure, que la portée du coup de point en blanc, qu'il appelle le point de l'ame, soit de 200 pas à  $2\frac{1}{2}$  piés pour pas; il dit qu'à l'élévation d'un degré elle sera de 244 pas; à celle de 2 degrés de 287. &c. ce que j'ai réduit en cette table; dans laquelle il paroît, comme j'ai dit, qu'il a pris les nombres qui sont dans sa figure. Car le premier est en l'un & en l'autre pour le coup de point en blanc; le second au premier point de l'Equerre, qui est élevé à  $7\frac{1}{2}$  degrés répond seulement au 7 dégr. de la table; le troisième au second point répond, comme il faut, au 15 degré; le quatrième sur le troisième point qui est élevé à  $22\frac{1}{2}$  dégr., répond au 22; le cinquième sur le quatrième point, répond aussi, comme il faut, à 30 dégr.; le sixième sur le cinquième point élevé à  $37\frac{1}{2}$  degré, répond à 37; & le dernier sur le sixième point élevé à 45 dégr. répond à 44 deg.

Cet-

Cette table a des défauts. Le premier est que donnant une assés grande étenduë à la portée de point en blanc, il en donne autant à celle du douzième point de l'Equerre, c'est à dire lors-que la pièce est pointée perpendiculairement; ce qui est impossible. Car quoi que l'étenduë de point en blanc puisse être aucunement considérable, tant parce que la pièce est ordinairement quelques piés au dessus du rez de chauffée, qu'à cause que la poudre eleve le boulet au dedans de l'ame du Canon, & fait que sortant de la bouche il est naturellement porté en haut, comme nous l'expliquerons mieux ci-après; l'on ne peut pas dire néanmoins que le boulet d'une pièce pointée à plomb puisse monter autrement qu'à plomb & descendre par un autre chemin que celui par lequel il est monté.

L'autre défaut est que les nombres ne se suivent pas par tout avec proportion, & particulièrement depuis le nombre qui répond au 29 dégr. car dans tous les chiffres de la table il pa-

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Dé-  
conver-  
tes du  
même  
Ufano.

LIV. II.  
CHAP.  
II. Dé-  
couver-  
tes du  
même  
Ufano.

roit que leurs différences diminuent également & qu'ils sont moins éloignés l'un de l'autre à mesure qu'ils répondent à plus grand nombre de degrés; cependant la différence des deux nombres 1037 & 1044 qui répondent à 27 & 28 dég. n'est que 7; celle des nombres 1044 & 1050 répondans à 28 & 29 dég. n'est que 6; qui sont l'une & l'autre beaucoup moindres que la différence des deux nombres suivans 1050 & 1065 répondans à 29 & à 30 dég. qui est 15.

Un autre défaut est qu'il ne donne rien pour l'étenduë de la plus grande élévation de 45 dég.; il dit seulement qu'elle doit être d'un pas plus grande que celle de 44 dég.; & comme la différence des portées à l'élévation de 43 & 44 degrés n'est aussi que d'un pas, il s'ensuit que ces différences sont égales, c'est à dire hors de la proportion de toutes les autres.

Tout ceci me fait présumer que ni les nombres de cette table ni la règle qui les a produits, ne sont point de l'invention de cet Auteur; & qu'il peut

peut être que lui ayant été communiqué d'ailleurs, il les a transcrits sans les bien entendre & avec assez de désordre; ce qui se conôtra encore mieux dans la suite.

LIV. II.  
CHAP.  
II. Découvertes du même Ufano.

## CHAPITRE III.

*Pratique d'Ufano examinée.*

**V**Oici cependant cette règle ou pratique, que j'appelle fort ingénieuse, & qu'il nous donne pour calculer l'étendue de tous les coups de volée en toutes sortes d'élévation. Il fait premièrement l'épreuve de sa pièce à l'élévation d'un degré, qu'il appelle à raz de métal, dont il mesure l'étendue. Il en divise le nombre des mesures par 50 & multiplie le quotient par 11; le produit est ce qu'il nomme la *totale progression*, laquelle il faut ajouter au premier nombre pour avoir l'étendue du coup à l'élévation de 2 deg., & ainsi de suite, en le diminuant néanmoins à chaque fois d'un autre nombre qui lui vient en divisant cette totale progression par 44.

CHAP.  
III.  
Pratique d'Ufano examinée.

Ainsi supposant, comme il dit, que sa pièce élevée à raz de métal ou à un degré, ait porté à 1000 pas; il divise 1000 par 50, & le quotient qui est 20 multiplié par 11, donne 220 pour le nombre qu'il appelle *la totale progression*, qu'il faut toujours ajoûter de degré en degré, le diminuant toutefois à chacun du nombre de 5 qui vient de la division de 220 par 44.

Ceci posé: l'élévation d'un degré donnant 1000 pas; celle de deux degrés donnera 1220; celle de 3 dégr. 1435, qui vient en ajoûtant 220 moins 5 ou 215 au précédent 1220; celle de 4 dégr. 1645 fait en ajoûtant 215 moins 5 ou 210 au précédent 1435; celle de 5 dégrez 1850 provenant de l'addition de 210 moins 5 ou 205 au précédent 1645; & ainsi des autres. Dont j'ai fait la table suivante, dans laquelle j'ai mis non seulement les degrés depuis un jusqu'à 45 en montant. Mais même ceux qui leur répondent depuis 90 jusqu'à 45 en descendant. J'ai aussi mis à côté les différences qui



qui diminuent de cinq à chaque degré. LIV.II.  
 Ta table précédente a été tirée de la CHAP.  
 même règle, ce que Ufano n'a peut- III.  
 être pas compris; il faut seulement po- Pra-  
 tique  
 d'Ufa-  
 no exa-  
 minée.

appelle le point de l'ame, est celle de l'élévation d'un degré ou à raz de métal; car par ce moien divisant 200 par 50 & multipliant le quotient 4 par 11, vous aurez 44 pour le nombre de la *totale progression*, lequel étant divisé par 44 donne 1 pour le nombre qu'il faut ôter de la progression à chaque degré.

Ainsi posant 200 pour 1 degré, nous aurons 244 pour 2 dégr. & pour 3 dégr. 287 qui vient de l'addition de la progression 44 moins 1 ou 43, au nombre précédent 244; pour 4 dégrez 329 en ajoutant 43 moins 1 ou 42, au précédent 287; & pour 5 dégrez 370 en ajoutant 42 moins 1 c'est à dire 41, au nombre précédent 329; & ainsi des autres.

Par ce moyen l'on conoît la plus grande étendue à l'élévation de 45 dégr. proportionnée à toutes les autres. De

# 34 L'ART DE JETTER

LIV. II. CHAP. III. Pratique d'Ufano examinée.

plus l'on découvre l'erreur qui s'est faite dans la suite des nombres de la table de l'Auteur, qui répondent au 29 dégr. car au lieu de 1044 qui n'est éloigné que de 7 du précédent 1037, il faut mettre 1054 afin que la différence soit

| T A B L E<br>sur<br><i>l'Hypothese d'Ufano.</i> |    |      |     | deg. ez. portées diff. |    |      |     |
|---|----|------|-----|------------------------|----|------|-----|
| degrez. portées. diff.                          |    |      |     | 69                     | 21 | 4450 | 125 |
| 90  | 0  | 0    | 0   | 68                     | 22 | 4570 | 120 |
| 89  | 1  | 1000 | 0   | 67                     | 23 | 4685 | 115 |
| 88  | 2  | 1220 | 220 | 66                     | 24 | 4795 | 110 |
| 87  | 3  | 1435 | 215 | 65                     | 25 | 4900 | 105 |
| 86  | 4  | 1645 | 210 | 64                     | 26 | 5000 | 100 |
| 85  | 5  | 1850 | 205 | 63                     | 27 | 5095 | 95  |
| 84  | 6  | 2050 | 200 | 62                     | 28 | 5185 | 90  |
| 83  | 7  | 2245 | 195 | 61                     | 29 | 5270 | 85  |
| 82  | 8  | 2435 | 190 | 60                     | 30 | 5350 | 80  |
| 81  | 9  | 2620 | 185 | 59                     | 31 | 5425 | 75  |
| 80  | 10 | 2800 | 180 | 58                     | 32 | 5495 | 70  |
| 79  | 11 | 2975 | 175 | 57                     | 33 | 5560 | 65  |
| 78  | 12 | 3145 | 170 | 56                     | 34 | 5620 | 60  |
| 77  | 13 | 3310 | 165 | 55                     | 35 | 5675 | 55  |
| 76  | 14 | 3470 | 160 | 54                     | 36 | 5725 | 50  |
| 75  | 15 | 3625 | 155 | 53                     | 37 | 5770 | 45  |
| 74  | 16 | 3775 | 150 | 52                     | 38 | 5810 | 40  |
| 73  | 17 | 3920 | 145 | 51                     | 39 | 5845 | 35  |
| 72  | 18 | 4060 | 140 | 50                     | 40 | 5875 | 30  |
| 71  | 19 | 4195 | 135 | 49                     | 41 | 5900 | 25  |
| 70  | 20 | 4325 | 130 | 48                     | 42 | 5920 | 20  |
|   |    |      |     | 47                     | 43 | 5935 | 15  |
|   |    |      |     | 46                     | 44 | 5945 | 10  |
|   |    |      |     | 44                     |    | 5950 | 5   |

T A B L E  
sur  
*l'Hypothèse d'Ufano.*

degréz. portées. diff.

| 90 | 0  | 0   | 0  |
|----|----|-----|----|
| 89 | 1  | 200 | 0  |
| 88 | 2  | 244 | 44 |
| 87 | 3  | 287 | 43 |
| 86 | 4  | 329 | 42 |
| 85 | 5  | 370 | 41 |
| 84 | 6  | 410 | 40 |
| 83 | 7  | 449 | 39 |
| 82 | 8  | 487 | 38 |
| 81 | 9  | 524 | 37 |
| 80 | 10 | 560 | 36 |
| 79 | 11 | 595 | 35 |
| 78 | 12 | 629 | 34 |
| 77 | 13 | 662 | 33 |
| 76 | 14 | 694 | 32 |
| 75 | 15 | 725 | 31 |
| 74 | 16 | 755 | 30 |
| 73 | 17 | 784 | 29 |
| 72 | 18 | 812 | 28 |
| 71 | 19 | 839 | 27 |
| 70 | 20 | 865 | 26 |

degréz. portées. diff.

|    |    |      |    |
|----|----|------|----|
| 69 | 21 | 890  | 25 |
| 68 | 22 | 914  | 24 |
| 67 | 23 | 937  | 23 |
| 66 | 24 | 959  | 22 |
| 65 | 25 | 980  | 21 |
| 64 | 26 | 1000 | 20 |
| 63 | 27 | 1019 | 19 |
| 62 | 28 | 1037 | 18 |
| 61 | 29 | 1054 | 17 |
| 60 | 30 | 1070 | 16 |
| 59 | 31 | 1085 | 15 |
| 58 | 32 | 1099 | 14 |
| 57 | 33 | 1112 | 13 |
| 56 | 34 | 1124 | 12 |
| 55 | 35 | 1135 | 11 |
| 54 | 36 | 1145 | 10 |
| 53 | 37 | 1154 | 9  |
| 52 | 38 | 1162 | 8  |
| 51 | 39 | 1169 | 7  |
| 50 | 40 | 1175 | 6  |
| 49 | 41 | 1180 | 5  |
| 48 | 42 | 1184 | 4  |
| 47 | 43 | 1187 | 3  |
| 46 | 44 | 1189 | 2  |
| 45 |    | 1190 | 1  |

LIV. II  
CHAP.  
III.  
Prati-  
que  
d'Ufa-  
no ex-  
ami-  
née.

17 ; & au lieu de 1050 qui vient après ,  
il faut mettre 1070 ; & 1085 au lieu de  
1065 & ainsi des autres , comme on le  
voit dans la seconde Table que j'ai cor-  
rigée & faite pour ce sujet où les nom-  
bres & les différences sont marquées.

LIV. II.  
CHAP.  
III.

Prati-  
que  
d'Ufa-  
no ex-  
ami-  
née.

J'ai dit que cette règle étoit subtile & ingénieuse, mais qu'elle n'étoit point véritable ; parce que l'on a reconnu par l'expérience & par la raison, que les coups de volée d'un Canon ou d'un mortier selon les différentes élévations

| <i>Portées véritables sur les Positions d'Ufano.</i> |          |       | deg ez. portées. |    |       |
|--|----------|-------|------------------|----|-------|
| dégrez.  | portées. |       |                  |    |       |
| 90   | 0        | 0     | 69               | 21 | 19175 |
| 89   | 1        | 1000  | 68               | 22 | 19897 |
| 88   | 2        | 2000  | 67               | 23 | 20605 |
| 87   | 3        | 2991  | 66               | 24 | 21292 |
| 86   | 4        | 3986  |                  |    |       |
|  |          |       | 65               | 25 | 21948 |
| 85   | 5        | 4974  | 64               | 26 | 22579 |
| 84   | 6        | 5957  | 63               | 27 | 23180 |
| 83   | 7        | 6931  | 62               | 28 | 23754 |
| 82   | 8        | 7897  |                  |    |       |
|  |          |       | 61               | 29 | 24301 |
| 81   | 9        | 8854  | 60               | 30 | 24811 |
| 80   | 10       | 9799  | 59               | 31 | 25298 |
| 79   | 11       | 10733 | 58               | 32 | 25757 |
| 78   | 12       | 11307 |                  |    |       |
|  |          |       | 57               | 33 | 26117 |
| 77   | 13       | 12559 | 56               | 34 | 26567 |
| 76   | 14       | 13449 | 55               | 35 | 26922 |
| 75   | 15       | 14327 | 54               | 36 | 27152 |
| 74   | 16       | 15186 |                  |    |       |
|  |          |       | 53               | 37 | 27541 |
| 73   | 17       | 16023 | 52               | 38 | 27805 |
| 72   | 18       | 16842 | 51               | 39 | 28029 |
| 71   | 19       | 17642 | 50               | 40 | 28218 |
| 70   | 20       | 18412 |                  |    |       |
|  |          |       | 49               | 41 | 28372 |
|  |          |       | 48               | 42 | 28496 |
|  |          |       | 47               | 43 | 28584 |
|  |          |       | 46               | 44 | 28636 |
|  |          |       | 45               | 45 | 28653 |

| <i>Portées verita-<br/>bles sur les posi-<br/>tions d'Ufano.</i> |    |      | degréz. portées. |    |      |
|--|----|------|------------------|----|------|
| degréz. portées.   |    |      | 69               | 21 | 3834 |
| 90   | 0  | 0    | 68               | 22 | 3978 |
| 89   | 1  | 200  | 67               | 23 | 4120 |
| 88   | 2  | 400  | 66               | 24 | 4258 |
| 87   | 3  | 595  | 65               | 25 | 4388 |
| 86   | 4  | 797  | 64               | 26 | 4514 |
| 85   | 5  | 994  | 63               | 27 | 4636 |
| 84   | 6  | 1190 | 62               | 28 | 4750 |
| 83   | 7  | 1386 | 61               | 29 | 4860 |
| 82   | 8  | 1578 | 60               | 30 | 4962 |
| 81   | 9  | 1770 | 59               | 31 | 5058 |
| 80   | 10 | 1958 | 58               | 32 | 5150 |
| 79   | 11 | 2146 | 57               | 33 | 5234 |
| 78   | 12 | 2272 | 56               | 34 | 5312 |
| 77   | 13 | 2510 | 55               | 35 | 5384 |
| 76   | 14 | 2688 | 54               | 36 | 5450 |
| 75   | 15 | 2864 | 53               | 37 | 5508 |
| 74   | 16 | 3036 | 52               | 38 | 5560 |
| 73   | 17 | 3204 | 51               | 39 | 5604 |
| 72   | 18 | 3368 | 50               | 40 | 5642 |
| 71   | 19 | 3528 | 49               | 41 | 5674 |
| 70   | 20 | 3682 | 48               | 42 | 5698 |
|  |    |      | 47               | 43 | 5716 |
|  |    |      | 46               | 44 | 5726 |
|  |    |      | 4                | 5  | 5730 |

suivent une proportion beaucoup éloi-  
gnée de celle-ci. Car posé que le coup  
au premier degré soit de 1000 mesu-  
res, il sera de 2000 à deux dégrez qui est  
bien loin de 1220; de 2991 au troisié-  
dég. au lieu de 1435; de 28653 au qua-  
B 7 rante

LIV. II.  
CHAP.  
III.

Prati-  
que  
d'Ufa-  
no ex-  
ami-  
née.

rante cinquième dégr. qui est plus de cinq fois 5950 & ainsi des autres.

Ainsi posant que le coup au premier degré soit de 200 pas ; au second il fera de 400 & non pas de 244 ; au troisième de 595 au lieu de 287 ; au quarante-cinquième de 5730 au lieu de 1190 ; & ainsi du reste , dont j'ai mis ici les deux tables par avance , afin que les comparant aux précédentes , l'on en puisse mieux reconnoître les défauts ; qui paroîtront encore plus clairement , lors-que l'on aura bien compris ce que je dirai ci-après de la nature du mouvement.

#### CHAPITRE IV.

##### *Pratique de Loüis Collado examinée.*

CHAP.  
IV.  
Prati-  
que de  
Loüis  
Colla-  
do exa-  
minée.

**L**A pratique manuelle de l'Artillerie de Loüis Collado Ingenieur du Roi d'Espagne dans le Milanois , avoit été imprimée quelque tems avant le livre de Diego Ufano dont nous venons de parler. Cet auteur fait un Chapitre dans son troisième livre, de la  
ma-

manière de tirer des balles avec le mortier ; dans lequel il explique principalement la nécessité qu'il y a d'en fortifier les affuts , à cause que les mortiers ne reculant point comme les pièces de Canon , c'est aux affuts à porter tout l'effort du coup. Puis ayant fait voir comme il faut les charger , il dit que leur usage n'est point pour battre des murailles ni pour tirer de point en blanc , mais bien pour élever de telle manière la balle en haut par un mouvement violent & forcé , que venant à tomber de son mouvement naturel , elle puisse nuire aux ennemis dans l'endroit que l'on désire ; ce qu'il ne se fait , dit-il , que par le moyen des *points de l'Equerre* & donnant à la pièce ou au mortier l'élévation que demande la chose à laquelle on tire , qui est une pratique que l'on laisse au jugement d'un bon Canonier.

Il croyoit ce que la plupart des Canoniers ont crû devant & après lui , que le boulet au sortir de la bouche du Canon marchoit en ligne droite tant que

LIV. II  
CHAP.  
IV.  
Pratique de  
Louis  
Collado  
examinée.

LIV. II la force de l'impression de la poudre  
 CHAP étoit plus grande que celle de sa pésan-  
 IV. teur, & qu'il décrivait une ligne cour-  
 Prati- be aussi-tôt que le poids pouvoit con-  
 que de tre-balancer la force mouvante; la-  
 Louïs quelle courbe dégénéroit enfin en lig-  
 Colla- ne droite & perpendiculaire, quand le  
 do exa- poids se trouvoit le plus fort. Il a sçû  
 minée. que la plus grande portée d'une pièce  
 étoit au sixième point de l'Equerre;  
 mais il a crû que celles des points au  
 dessus étoient moindres que celles des  
 points qui leur répondent au dessous.

Il rapporte même une expérience,  
 qu'il a faite avec un fauconneau de  
 trois livres de balle élevé suivant les di-  
 vers points de l'Equerre, sur laquelle  
 il conseille les Canoniers de se régler  
 pour les portées de toutes leurs pièces.  
 Il dit donc que son fauconneau pointé à  
 niveau de l'ame a chassé 368 pas; au  
 premier point de l'Equerre 326 pas au  
 delà, qui font, dit-il, en tout 594; au  
 second point 200 pas de plus, qui font  
 en tout 794; au troisième point 160 pas  
 de plus, & en tout 954; au quatrième  
 point



point 56 pas au delà, & en tout 1010; au cinquième point 30 pas de plus, & en tout 1040; & au sixième point seulement 13 pas au delà, qui font en tout 1053 pas pour la plus grande portée.

LIV. II  
CHAP  
IV.

Prati-  
que de  
Loüis  
Colla-  
do exa-  
minée.

Il ne rapporte point les nombres des pas des portées de son fauconneau élevé au dessus du sixième point; il dit seulement qu'au septième point la balle chût plusieurs pas en deçà de la portée du sixième; au huitième point elle tomba entre la portée du troisième & du second point; au neuvième point entre celle du second & du premier. Et qu'au dixième point la balle chût tout près de la pièce.

Je ne m'arrêterai pas à raisonner sur le rapport de cet Auteur & sur le peu de sûreté qu'il y a à ces expériences. Je dirai seulement en passant qu'il y a faute dans les chiffres de ses nombres, & qu'il faut qu'au premier point de l'Equerre sa pièce n'ait pas chassé, comme il dit, 326 pas plus loin qu'elle n'avoit à niveau de l'ame; mais seulement 226 pas, parce que 368 & 326 ne font pas, comme il dit, 594 mais bien 694.

CHA-

**I**L parut au commencement de ce siècle un livre des éléments de l'Artillerie composé par un nommé Rivaut de Flurance, qui prétend démontrer la plupart des effets du Canon sur les principes de la Philosophie d'Aristote; il y enseigne une doctrine particulière pour la différence des portées d'une pièce suivant ses différentes inclinations; laquelle est tellement éloignée de la vérité & de la raison, que je ne voudrois pas m'arrêter à y contredire; si je ne craignois que l'autorité de celui qui l'a produite, ne pût faire impression sur l'esprit de ceux qui ne sont pas capables d'en bien juger.

Car cet Auteur est le même David Rivaut de Flurance qui nous a depuis donné une traduction Latine des ouvrages Grecs d'Archimede avec quelques commentaires, où il prend le nom de Précepteur du Roi Louis treize, à qui, comme je crois, il avoit enseigné les Mathématiques.

C'étoit un homme d'une tres-grande Erudition, qui avoit lû une infinité de bons livres, qui avoit une connoissance parfaite de la langue Greque & des autres langues Orientales: Il avoit étudié plus que mediocrement aux Mathematiques ; & c'est un malheur pour lui d'avoir entrepris de travailler sur les ouvrages d'Archimede & de n'avoir pas connu que ses forces n'étoient pas suffisantes pour un si grand fardeau.

LIV. II  
CHAP.  
V. Sentiment  
de Rivaut de  
Flurance.

## CHAPITRE VI.

### *Origine des Arquebuses à vent.*

JE crois devoir dire ici en passant qu'il donne dans son livre des éléments de l'Artillerie, la figure & la construction d'une Arquebuse à vent qui avoit été inventée par un nommé *Marin Bourgeois de Lizieux* & présentée au Roi Henri le Grand ; afin de désabuser ceux qui ont crû que l'on en devoit le secret à des ouvriers d'Hollande qui en ont débité depuis lui.

CHAP.  
VI.  
Origine  
des Arquebuses à  
vent..

C H A.

Prati-  
que de  
Rivaut  
exami-  
née.

**V**Oici ce qu'il juge sur la différence des portées du Canon. Il en distingue de trois sortes qu'il appelle *la portée du point en blanc, la portée moyenne & la portée morte*. La portée du point en blanc est, dit-il, la ligne droite que la balle décrit jusqu'à ce que sa pesanteur commence à vaincre la force mouvante & décliner en l'arc de sa chute. La portée moyenne est la ligne de la portée de point en blanc conduite droit jusqu'à ce qu'elle rencontre la perpendiculaire élevée sur l'horizon au point où la balle est tombée. La portée morte est la distance entre le Canon & le lieu où la balle est tombée à terre. Ce qu'il explique par cette figure.

Le Canon A B est pointé suivant les angles I A C ou I A G : le boulet sortant de sa bouche marche, dit-il, en ligne droite jusqu'en K ou en L, où la pesanteur commençant à vaincre la force mouvante, il commence à marcher par la ligne courbe KO, ou LN & tom-



LIV. II. lesquels la pièce est élevée. C'est à  
 CHAP. dire que la portée A E de la pièce éle-  
 VII. vée en I A G, est à la portée A D de  
 Prati- que de la même pièce élevée en I A C, com-  
 Rivaut me le sinus du complement de l'angle  
 exami- née. I A G, est au sinus du complement de  
 l'angle I A C.

Car supposé que les droites A C & A G, qui sont les portées moyennes, soient égales, ainsi qu'il le demande, le Cercle I G C H décrit du centre A, passera par G & par C; & les perpendiculaires G E & C D seront les sinus des angles I A G & I A C; & les droites G M & C F seront les sinus de leurs complemens; mais les droites G M & C F sont égales aux portées mortes A E & A D; donc les portées mortes sont entr'elles comme les sinus de complement des angles de leurs inclinations. Ce qui est vrai sur cette hypothèse que les portées moyennes A G & A C soient égales; mais comme c'est une supposition fausse, il ne faut pas s'étonner de la fausseté de la conclusion.

Et fans m'arrêter à une plus longue discussion, il suffit de prendre garde que par ce raisonnement toutes les portées depuis celle du niveau de l'ame jusqu'à celle du sixième point, vont toujours en diminuant; car la portée

LIV. II.  
CHAP.  
VII.  
Prati-  
que de  
Rivaut  
exami-  
née.

A I du niveau de l'ame est plus grande que la portée A E qui est de la pièce élevée par exemple au troisième point; & la portée A E plus grande que A D à l'élévation du sixième point; & ainsi des autres. Ce qui est absolument faux: & l'expérience nous fait voir que les portées vont toujours en augmentant jusqu'au sixième point; c'est à dire jusqu'à l'élévation de 45 degrés; après lequel elles diminuent jusqu'à celle de 90 degrés qui est du douzième point de l'Equerre, mais avec une proportion extrêmement éloignée de celle des sinus de complement des angles de leurs inclinations.

*Le grand Art de l' Artillerie de Siemienowski.*

Le  
grand  
Art de  
l'Artil-  
lerie de  
Siemie-  
nowf-  
ki.

**C**AZIMIR SIEMIENOWSKI  
Gentil - homme Polonois &  
autrefois Lieutenant Général de  
l'Artillerie de Pologne , a recher-  
ché avec un soin incroyable ce qui  
pouvoit appartenir à ce sujet , dont  
il a fait un excellent livre en langue  
latine appelé *le grand Art de l'Artil-  
lerie*. La première partie en a été  
imprimée en Hollande en l'année  
1650 , & nous n'aurions peut-être  
rien à désirer sur cette matière si la se-  
conde partie avoit été donnée au pu-  
blic. Car il dit dans son avant propos  
que cette partie est pleine d'une infinité  
de belles conoissances, dont celles-ci,  
qui sont à nôtre sujet, ne sont pas les  
moins considérables; promettant d'en-  
seigner à fond l'Art de pointer le Ca-  
non & lui donner les élévations ou  
dépressions nécessaires pour les fai-  
re chasser à une distance donnée , &  
de savoir à quelle distance il por-  
tera



tera fuiyant ses différentes élévations. LIV. II.

Il promet dans le second Livre CHAP. VIII.  
une doctrine complete des mortiers, Le  
de leur origine, de leurs diverses figu- Grand  
res, de leur usage, & des tables pour Art de  
la proportion des portées en toutes l'Artillerie de  
sortes d'élévations. Mais toutes ces Siemie-  
belles assurances sont vaines si cette nowski.  
seconde partie ne tombe un jour en-  
tre les mains de quelque personne  
qui veuille bien que le public en  
profite.

## CHAPITRE IX.

*Pratique de Daniel Elrich examinée.*

JE pensois avoir recouvré ce trésor dans un Livre qui me fut dernièrement envoyé du Grand Art de l'Artillerie traduit en Allemand avec un supplément de la seconde partie, que je croïois être celle que l'Auteur nous avoit promise: mais je me suis trouvé bien loin de mes espérances, lors-qu'en le lisant j'ai connu que ce supplément n'étoit pas de Sie-

CHAP. IX.

Pratique de Daniel Elrich examinée.

LIV. II. mienowski, mais d'un autre appelé  
 CHAP. Daniel Elrich, Maître Canonier ou  
 1 X. Capitaine d'Artillerie de la Ville de  
 Prati- Francfort sur le Mein, où ce Livre a  
 que de été imprimé en l'année 1676.  
 Daniel  
 Elrich  
 exami-  
 née.

Ce n'est pas qu'il n'y ait beaucoup de bonnes choses dans cet Ouvrage ; mais au sujet des Bombes, il n'y a rien qui puisse nous satisfaire. Quoi que, dans le sixième chapitre de son sixième Livre, il dise que pour se servir utilement du mortier, il y faut employer l'Equerre, qui dans sa figure est un Quart de Cercle divisé en 90 degrés qu'il appelle points de 10 en 10. Pour cet effet il veut que l'on fasse une croix de deux triangles de bois polies, à angles droits l'une sur l'autre, & égales au diametre du mortier, pour pouvoir être placée horizontalement à fleur de sa bouche ; puis ayant fait un trou dans cette croix, il y fait entrer une pointe qui est à l'un des côtez du quart de cercle continué au dessous de sa circonférence, afin que ce côté de l'Instrument

ment soit par ce moïen perpendiculaire à la bouche du mortier, & partant parallele à la ligne de l'ame.

Après quoi il dit que le mortier étant situé à plomb, la balle tombera à deux ou trois pas de l'affût : quoi qu'il y en ait, dit-il, qui veulent qu'elle tombe précisément dans le mortier.

Puis l'inclinant à l'angle de 10 dégr. qu'il appelle le premier point, la balle s'en éloignera à la distance de 200 pas ; parce, dit-il, qu'il faut donner 20 pas pour chaque degré. A l'onzième degré 220 pas. Au douzième 245. Au treizième 265. Au quatorzième 290. Au quinzième 305. Au seizième 330. Au dixseptième 345. Au dixhuitième 370. Au dixneuvième 400. Au vingtième 430. Car il faut, dit-il, savoir que le jet devient plus bas à mesure que le mortier est panché, & chasse par conséquent la balle par un plus grand Arc. Au troisième point qui est à 30 dégr., la balle tombe à 775 pas. Au quatrième c'est-à-dire à 40.

LIV. II.  
CHAP.  
IX.

Prati-  
que de  
Daniel  
Elrich  
exami-  
née.

dég., elle tombe à 935. Et si le Mortier est incliné à l'angle de 42 degrés, il fait alors le plus grand des jets de la balle qui est de 1050 pas. Quand il est panché au delà de 42 dég. jusqu'au sixième point qui est de 60 dég. la portée en est raccourcie & la balle tombera comme elle a fait au quatrième point ou à 40 dég. à la distance de 935 pas. Au septième point comme au troisième. Au huitième comme au premier. Et si on l'incline jusqu'à 90 dég. ; ce sera, dit-il, *un tir de noyaux*, & la balle ne s'arrêtera pas seulement dans le mortier en cette situation : comme le tir à plomb s'élève continuellement en l'air jusqu'à ce qu'il soit repoussé en arrière par sa pesanteur qui le fait retomber auprès du mortier.

Voilà toute la doctrine de cet Auteur que j'ai voulu comprendre dans cette Table où les portées sont marquées comme il l'ordonne à côté des degrés de l'Equerre. Surquoi il y a diverses choses à considérer. La première

re est que le jet au douzième degré surpassant celui de l'onzième de 25 pas ; celui du treizième ne surpassé son précédent au douzième que de 20 pas. Et celui du quatorzième surpassant le treizième de 25 pas ; celui du quinzième n'excède son précédent au quatorzième que de 15 pas. Ainsi le seizième surpassant le quinzième de 25 pas ; le dixseptième ne surpassé le seizième que de 15 pas. Qui sont des irrégularitez que la nature du jet des Bombes ne souffre pas ; qui veut que les distances augmentent toujours dans une certaine proportion depuis 1 degré jusqu'à 45 ; d'où elles diminuent dans le même ordre jusqu'à 90. En second lieu il établit la plus grande portée à l'angle de 42 dégr., quoi qu'en effet elle ne soit dans sa plus grande étendue qu'à 45. Il paroît enfin qu'il s'est fort trompé quand il dit qu'au sixième point, que l'on ne peut pas prendre autrement qu'à l'angle de 60 dégr., la balle tombe à la même distance où elle étoit tombée au qua-

LIV. II.  
CHAP.  
IX.

*Portées d'Elrich.*

*Vrayes.*

Prati-  
que de  
Daniel  
Elrich  
exami-  
née.

|   | Dégrez. | Pas. | Pas de 5 piés. |                |
|---|---------|------|----------------|----------------|
|   | 1       | 20   | 20             | $1\frac{1}{2}$ |
|   | 2       | 40   | 40             | 4              |
|   | 3       | 60   | 61             |                |
|   | 4       | 80   | 81             | 2              |
|   | 5       | 100  | 101            | 3              |
|   | 6       | 120  | 121            | 3              |
|   | 7       | 140  | 141            | $2\frac{1}{2}$ |
|   | 8       | 160  | 159            | $2\frac{1}{2}$ |
|   | 9       | 180  | 180            | $2\frac{1}{2}$ |
| 1 | 10      | 200  | 200            |                |
|   | 11      | 220  | 219            |                |
|   | 12      | 245  | 237            | 4              |
|   | 13      | 265  | 256            | 2              |
|   | 14      | 290  | 274            | 3              |
|   | 15      | 305  | 292            | 2              |
|   | 16      | 330  | 309            | 4              |
|   | 17      | 345  | 327            | 3              |
|   | 18      | 370  | 343            | 1              |
|   | 19      | 400  | 360            |                |
| 2 | 20      | 430  | 375            | 4              |
| 3 | 30      | 775  | 506            | $2\frac{1}{2}$ |
| 4 | 40      | 935  | 575            | 4              |
|   | 42      | 1050 | 581            | 3              |
|   | 45      |      | 584            | 4              |
| 6 | 60      | 935  | 506            | $2\frac{1}{2}$ |
| 7 | 70      | 775  | 375            | 4              |
| 8 | 80      | 220  | 200            |                |

trième ; & au septième comme au troisième. Ce qui est manifestement contraire à la raison & aux expériences, qui marquent que la portée au quatrième point est la même que celle du cinquième ; celle du troisième égale à celle du sixième, celle du second à celle du septième ; celle du premier à celle du huitième, comme il dit ; & enfin celle du neuvième ou de 90 dégr. , à celle de 0 c'est-à-dire à la perpendiculaire.

LIV. II.  
CHAP.  
IX.

Pratique de  
Daniel  
Elrich  
examinée.

Et pour faire mieux conoître de combien cette doctrine s'éloigne de la vérité, j'ai ajoûté dans cette Table les véritables portées en pas & en piés à cinq piés pour pas, que je prens pour pas Géométriques ; supposant, comme il a fait, que la portée au premier point, c'est-à-dire à 10. degrés fut de 200 pas. Où il faut remarquer que je n'ai pas été scrupuleux dans les fractions, que j'ai prises pour rien quand elles se sont trouvées moindres qu'un tiers de pié ; pour un pié quand elles ont été au dessus des deux

LIV. II. tiers; & pour un demi pié quand elles se sont rencontrées entre ces deux termes.

## CHAPITRE X.

*Sentiment de Galée.*

CHAP. X. *Sentiment de Galée.* LE Pere Mersene Minime rapporte dans un traité qu'il a fait sur cette matière, qu'il appelle *de la Balistique*, qu'un nommé Galée autrefois Ingenieur de l'Archiduc Albert & du Marquis de Spinola, lui avoit donné un écrit de sa main qui contenoit diverses observations sur les portées du Canon.

Cet homme croyoit, comme plusieurs autres, que le boulet au sortir de la pièce faisoit beaucoup de chemin en ligne droite, ce qu'il appelloit la portée de point en blanc; après quoi sa route se changeoit en courbe jusqu'à ce qu'il fut à terre. Il appelloit l'étendue entière, depuis la bouche du Canon jusqu'au point de sa chute sur le plan de l'horizon, la portée



tée morte : & par les expériences qu'il avoit faites il prétendoit que la portée de point en blanc étoit à peu près la moitié de la portée morte.

LIV. II  
CHAP.  
X.  
Senti-  
ment de  
Galée.

Il disoit qu'aux gros Canons la portée de point en blanc de niveau, étoit à celle de la plus grande volée, qui se faisoit au fixième point de l'Equerre, c'est-à-dire sous l'angle de 45 degrés, à peu près comme 1 à 11 ; qu'aux demi Canons elle étoit comme 1 à 10 $\frac{1}{2}$  ; & qu'aux petites pièces elle n'étoit que comme 1 à 10. D'où il conclut que la portée morte de niveau est à celle de la plus grande volée dans le gros Canon à peu près comme 1 à 6, ou comme 1 à 5 aux petites pièces ; & que la portée de niveau étoit à celle qui seroit faite sur l'élévation d'un degré comme 5 à 6, ou au plus près comme 53 à 67, ou bien comme 14 à 17.

Il assûroit qu'aux coups de la plus grande volée sous l'élévation de 45 degrés, la portée de point en blanc, c'est à dire l'étendue dans laquelle le

boulet marche en ligne droite, est à la portée de point en blanc horizontale comme 5 à 1, ou au moins comme 9 à 2. Et que continuant en-suite à monter, sa plus grande hauteur perpendiculaire n'est pas, ainsi que *Tartaglia* la crût, quadruple, mais bien près de quintuple de la portée de point en blanc horizontale. Deplus que cette plus grande hauteur perpendiculaire n'est pas éloignée de la bouche du Canon d'une distance seulement sextuple, mais presque septuple de la même portée.

Cet Ingenieur s'est bien douté que la ligne que le boulet décrit dans la plus grande volée étoit ou Hyperbolique ou Parabolique, non pas qu'il eût jamais fait aucun raisonnement approchant des causes & de la nature de cette ligne, mais seulement à l'œil & par la force de ses observations.

Au reste il donne à l'étendue du plus grand coup de volée d'un Canon 16200. piés ; & comme il suppose ainsi que nous avons dit, que la portée

tée

tée morte horizontale est à cette plus grande portée comme 1 à 6; il s'ensuit par son calcul que cette portée morte qui se fait de niveau & sans aucune élévation est de 2700 piés.

LIV. II.  
CHAP.  
X.  
Senti-  
ment de  
Galée.

CHAPITRE XI.

*Pratique de Galée examinée.*

Sur ce fondement il fait une table pour les portées d'une pièce en toutes sortes d'élévations, qui est encore plus ingénieuse que celle d'Ufano que nous avons expliquée ci-devant, quoi qu'elle ne soit guère plus véritable : car pour le dire en un mot, toutes ces raisons de bien-séance ne quadrent point au génie de la nature.

CHAP.  
XI.  
Prati-  
que de  
Galée  
exami-  
née.

Pour cet effet il ôte l'étendue de la portée morte horizontale, qui est comme il dit de 2700 piés, de celle de la plus grande volée sous l'élévation de 45 degrés, qui est de 16200 piés, pour avoir leur différence 13500; laquelle il divise par la som-

LIV. II. me de tous les nombres qui se suivent  
 CHAP. depuis 1 jusqu'à 45 c'est-à-dire, par 1035  
 XI. afin d'avoir  $13\frac{1}{23}$  au quotient, dont il se  
 Prati- sert pour faire des soustractions conti-  
 que de nuelles du nombre 16200, de degré  
 Galée en degré depuis 45 jusqu'à 0 en des-  
 exami- cendant ou en montant jusqu'à 90.

Ainsi donnant 16200 piés pour la  
 portée à 45 dégr., il donne à celle de 44  
 & de 46 degrés 16200 piés moins  
 $13\frac{1}{23}$  c'est à dire 16186 $\frac{22}{23}$ ; & à la portée  
 sous les angles de 45 & de 47 degrés  
 16186 $\frac{22}{23}$  moins deux fois  $13\frac{1}{23}$  ou moins  
 26 $\frac{2}{23}$ . C'est-à-dire 16160 $\frac{20}{23}$ ; & à celle  
 des angles de 42 & 48 dégr., 16160 $\frac{20}{23}$   
 moins trois fois  $13\frac{1}{23}$  ou moins 39 $\frac{3}{23}$   
 c'est-à-dire 16121 $\frac{17}{23}$ . Et ainsi du reste;  
 en ôtant du nombre des piés apparte-  
 nans au précédent dégr. le même nom-  
 bre  $13\frac{1}{23}$  multiplié autant de fois qu'il  
 y a d'unitéz. entre 45 & le degré dont  
 on veut avoir le nombre de piés.

Ainsi pour avoir le répondant à 15  
 & à 75 degrés, qui est 10134 $\frac{13}{23}$  piés,  
 il faut ôter du nombre 10426 $\frac{2}{23}$  ré-  
 pondant aux degrés précédens 16 &

74, le nombre  $391\frac{7}{23}$  produit de la LIV. II.  
multiplication de  $13\frac{1}{23}$  par 30, (qui CHAP.  
est celui des unitez, comprises entre XI.  
15 & 45.) Et pour avoir le nombre Prati-  
des piés répondans à 26 & à 64 de que de  
gréz, il ne faut que soustraire 247 $\frac{19}{23}$  Galée  
produit de la multiplication de  $13\frac{1}{23}$  exami-  
par 19, (qui est le nombre des unitez née.  
contenues entre 26 & 45, du nom-  
bre des piés  $13869\frac{13}{23}$  répondant aux  
degrés précédens 27 & 63, afin d'a-  
voir  $13621\frac{17}{23}$ . Et ainsi du reste.

Voici la table, dans laquelle il y a  
quatre colonnes, dont les deux pre-  
mières contiennent les degrez de l'E-  
querre depuis 45 en descendant jus-  
qu'à 0, & jusqu'à 90 en montant; la  
seconde contient une suite de nom-  
bres en progression Arithmetique  
dont le moindre & la différence sont  
 $13\frac{1}{23}$ . Les nombres de main gauche  
tant dans cette colonne que dans la  
suivante, sont nombres entiers, &  
les derniers sont numerateurs de fra-  
ctions dont le dénominateur est tou-  
jours 23; d'où vient que 13. 1. qui

LIV. II. répond à 45 degréz veut dire  $13\frac{1}{23}$ ; 26

CHAP. 2. répondant à 44 & à 46 degréz veut

XI.

Prati- dire  $26\frac{2}{23}$ ; 104. 8. répondant à 38 &

que de à 52 degréz, fait  $104\frac{8}{23}$ ; ainsi 16186.

Galée

exami- 22 répondant dans la quatrième co-

née.

lonne à 44 & à 46 degréz, fait 16186.

$\frac{22}{23}$ ; 14104. 8. qui répond à 28 & 62

dégrez vaut  $14104\frac{8}{23}$ . Et ainsi des

autres.

Ces nombres de la troisième colonne sont les différences de ceux qui leur répondent dans la quatrième; ils font, comme nous avons dit, une suite continuelle de progression Arithmetique, dont le premier nombre & la différence est toujours  $13\frac{1}{23}$ ; & ils naissent de la multiplication de ce nombre par celui des unitez continues entre 45 degréz & les degréz qui leur répondent; ainsi le premier sous 45 deg. étant  $13\frac{1}{23}$ ; le second sous 44 & 46 degréz est  $13\frac{1}{23}$  multiplié par 2 c'est à dire  $26\frac{2}{23}$  le troisième sous 43 & 47 degréz est  $13\frac{1}{23}$  multiplié par 3 ou  $39\frac{2}{23}$ ; le dixième sous 36 & 54 deg. est  $13\frac{1}{23}$  multiplié par 10 ou  $130\frac{10}{23}$  le

vint

LES BOMBES, I. PARTIE. 63  
vint deuxième sous 24 & 66 degréz LIV. II.  
est  $13 \frac{1}{23}$  multiplié par 22 ou 286  $\frac{22}{23}$ . Et CHAP.  
ainsi des autres. XI.

T A B L E  
de Galee.

T A B L E  
des véritables portées.

| dég. | differences. | portées, | dég.        | portées. |    |    |           |
|------|--------------|----------|-------------|----------|----|----|-----------|
| 45   | 45           | 13 1     | 16200 piés. |          | 45 | 45 | 16200 pi. |
| 44   | 46           | 26 2     | 16186 22    |          | 44 | 46 | 16190     |
| 43   | 47           | 39 3     | 16160 20    |          | 43 | 47 | 16161     |
| 42   | 48           | 52 4     | 16121 17    |          | 42 | 48 | 16111     |
| 41   | 49           | 65 5     | 16069 13    |          | 41 | 49 | 16043     |
| 40   | 50           | 76 6     | 16004 8     |          | 40 | 50 | 15954     |
| 39   | 51           | 91 7     | 15926 2     |          | 39 | 51 | 15845     |
| 38   | 52           | 104 8    | 15834 18    |          | 38 | 52 | 15719     |
| 37   | 53           | 117 9    | 15730 10    |          | 37 | 53 | 15573     |
| 36   | 54           | 130 10   | 15613 1     |          | 36 | 54 | 15408     |
| 35   | 55           | 143 11   | 15482 14    |          | 35 | 55 | 15223     |
| 34   | 56           | 156 12   | 15239 3     |          | 34 | 56 | 15021     |
| 33   | 57           | 169 13   | 15082 14    |          | 33 | 57 | 14799     |
| 32   | 58           | 182 14   | 14913 1     |          | 32 | 58 | 14561     |
| 31   | 59           | 195 15   | 14730 10    |          | 31 | 59 | 14303     |
| 30   | 60           | 208 16   | 14534 18    |          | 30 | 60 | 14029     |
| 29   | 61           | 221 17   | 14326 2     |          | 29 | 61 | 13738     |
| 28   | 62           | 234 18   | 14104 8     |          | 28 | 62 | 13439     |
| 27   | 63           | 247 19   | 13869 13    |          | 27 | 63 | 13124     |
| 26   | 64           | 260 20   | 13621 17    |          | 26 | 64 | 12766     |
| 25   | 65           | 273 21   | 13360 20    |          | 25 | 65 | 12409     |
| 24   | 66           | 286 22   | 13086 22    |          | 24 | 66 | 12038     |
| 23   | 67           | 300      | 12800       |          | 23 | 67 | 11653     |
| 22   | 68           | 313 1    | 12500       |          | 22 | 68 | 11254     |
| 21   | 69           | 326 2    | 12186 22    |          | 21 | 69 | 10839     |

# 64 L'ART DE JETTER

| dég. | différences. | portées,   | dégrez. | portées. |
|------|--------------|------------|---------|----------|
| 20   | 70           | 339 3      | 20      | 70 10413 |
| 19   | 71           | 352 4      | 19      | 71 9974  |
| 18   | 72           | 365 5      | 18      | 72 9509  |
| 17   | 73           | 378 6      | 17      | 73 9059  |
| 16   | 74           | 391 7      | 16      | 74 8584  |
| 15   | 75           | 404 8      | 15      | 75 8100  |
| 14   | 76           | 417 9      | 14      | 76 7606  |
| 13   | 77           | 430 10     | 13      | 77 6902  |
| 12   | 78           | 443 11     | 12      | 78 6589  |
| 11   | 79           | 456 12     | 11      | 79 6069  |
| 10   | 80           | 469 13     | 10      | 80 5540  |
| 9    | 81           | 482 14     | 9       | 81 5006  |
| 8    | 82           | 495 15     | 8       | 82 4161  |
| 7    | 83           | 508 16     | 7       | 83 3919  |
| 6    | 84           | 521 17     | 6       | 84 3368  |
| 5    | 85           | 534 18     | 5       | 85 2812  |
| 4    | 86           | 547 19     | 4       | 86 2255  |
| 3    | 87           | 566 20     | 3       | 87 1699  |
| 2    | 88           | 573 21     | 2       | 88 1131  |
| 1    | 89           | 589 22     | 1       | 89 565   |
| 0    | 90           | 23 2700 23 | 0       | 90 0     |

## LIV. II. CHAP. XI.

Prati-  
que de  
Galée  
exami-  
née.

La quatrième colonne contient le nombre de piés compris dans l'éten-  
duë de la portée d'une pièce élevée  
suivant les degrés qui leur répondent,  
posant que le coup de la plus grande  
volée sous 45 dégr. soit de 16200  
piés , & que la portée purement  
horizontale soit de 2700 piés. Ainsi  
la pièce élevée suivant l'angle de 15



# LES BOMBES, I. PARTIE. 65

ou de 75 dégr. chassera à la longueur de 10134 <sup>13</sup>/<sub>23</sub> piés, & à la longueur de 13869 <sup>13</sup>/<sub>23</sub> si elle est élevée à l'angle de 27 ou 63 dégrez.

LIV. II.  
CHAP.  
XI.

Prati-  
que de  
Galée  
exami-  
née.

Ces nombres, comme nous avons dit, naissent de la soustraction continue des différences qui leur répondent dans la troisième colonne ; ainsi le second 16186 <sup>22</sup>/<sub>23</sub> se fait en ôtant du premier 16200 la différence qui lui répond 13 <sup>1</sup>/<sub>23</sub> ; le troisième 16160 <sup>20</sup>/<sub>23</sub> vient du second 16186 <sup>22</sup>/<sub>23</sub> dont on a ôté la différence qui lui répond 26 <sup>2</sup>/<sub>23</sub> ; le dixième 15613 <sup>1</sup>/<sub>23</sub> se fait en ôtant du neuvième 15730 <sup>10</sup>/<sub>23</sub> la différence 117 <sup>9</sup>/<sub>23</sub> ; le dernier 2700 en ôtant du précédent 3286 <sup>22</sup>/<sub>23</sub> la différence 586 <sup>22</sup>/<sub>23</sub>, & ainsi du reste.

Le même Pere Mersene dit dans la suite que plusieurs personnes sçavantes croioient que Galée avoit eu cette table d'un autre Ingenieur nommé Cognet. Mais soit qu'elle fut de lui ou d'un autre, pour faire voir de combien elle s'éloigne des véritables portées des pièces. J'ai cal.

LIV. II. calculé, sur la même supposition de  
 CHAP. 16200 piés pour la plus grande vo-  
 XI.

Prati-  
 que de  
 Galée  
 exami-  
 née.

lée de 45 degrés, une autre table qui est sous les proportions que les portées gardent entre elles suivant leurs différentes inclinations; afin que comparant les nombres de ces deux tables, l'on puisse connoître de combien celle de Galée s'éloigne du vrai. Où l'on peut voir que leur différence n'est pas fort grande aux élévations des dégr. qui sont autour de 45, & qu'elle s'augmente toujours à mesure que les élévations s'approchent de l'horizontale en diminuant, ou de la perpendiculaire en augmentant.

Surquoi il est à remarquer que cet Ingenieur donne à la pièce pointée à plomb, ou sous l'angle de 90 dégr., la même portée de 2700 piés qu'il attribüe par son calcul à celle qui est pointée de niveau. Ce qui est absurde.

*Pratique des Bombardiers du Roi examinée.*Prati-  
que des  
Bombar-  
diers du  
Roi exa-  
minée.

LE Roi ayant établi depuis quel-  
ques années une compagnie de  
Bombardiers, & voulant les faire in-  
struire dans l'art de jeter les Bom-  
bes, a voulu qu'ils fissent, aux envi-  
rons de St. Germain en Laye pendant  
qu'il y tenoit sa Cour, diverses ex-  
périences pour ce sujet; sur lesquel-  
les il ont fait à leur manière diverses  
observations & tiré des conséquences  
suivant leur raisonnement pour la  
construction de certaines tables, qui  
marquent les différentes étenduës des  
portées selon la différence des éléva-  
tions du mortier en tous les degrés de  
l'Equerre depuis 1 jusqu'à 45.

Ils disent donc que le mortier chas-  
se plus ou moins selon qu'il est plus  
ou moins chargé de poudre. Et qu'un  
mortier par exemple de douze pou-  
ces de calibre chargé dans sa cham-  
bre de deux livres de poudre menuë  
gré-

LIV. II. grénée, donne de degré en degré 48  
 CHAP. pieds de différence de portées, &  
 XII. pour la plus grande étendue sous l'é-  
 Prati- lèvement de 45. dégr. 2160 piés. Le  
 que des même mortier donnera de degré  
 Bombar- en degré 60 piés de différence, s'il  
 diers du est chargé de deux livres & demi de  
 Roi exa- la même poudre, & 2700 piés pour  
 minée. la plus grande volée. Enfin il don-  
 nera 72 piés de différence de degré  
 en degré, si la charge est de trois  
 livres de poudre menuë grénée,  
 qui est la charge la plus forte de la  
 chambre d'un mortier de douze  
 pouces de calibre; & à l'élévation de  
 45 dégrez, qui est comme ils di-  
 sent la plus grande volée, il chas-  
 sera la Bombe à la distance de 3240  
 piés.

Sur ce fondement ils ont fait les  
 tablesque voici. La première sup-  
 pose que la chambre du mortier  
 est chargée de deux livres de pou-  
 dre & est depuis 5 dégrez jusqu'à  
 45 les nombres de piés des por-  
 tées

# LES BOMBES, I. PARTIE. 69.

## Table des Bombardiers pour un mortier de 12 pouces de Calibre.

LIV. II.  
CHAP.  
XII.

1. Table à deux livres  
de poudre.

2. Table à deux livres  
& demi.

dég. portées.

dég. portées.

Prati-  
que des  
Bombar-  
diers du  
Roi exa-  
minée.

| 5  | 240 piés. |
|----|-----------|
| 10 | 480       |
| 11 | 528 diff. |
| 12 | 576 48    |
| 13 | 624       |
| 14 | 672       |
| 15 | 720       |
| 16 | 768       |
| 17 | 816       |
| 18 | 864       |
| 19 | 912       |
| 20 | 960       |
| 21 | 1008      |
| 22 | 1056      |
| 23 | 1104      |
| 24 | 1152      |
| 25 | 1200      |
| 26 | 1248      |
| 27 | 1296      |
| 28 | 1344      |
| 29 | 1392      |
| 30 | 1440      |
| 31 | 1488      |
| 32 | 1536      |
| 33 | 1584      |
| 34 | 1632      |
| 35 | 1680      |
| 36 | 1728      |
| 37 | 1776      |
| 38 | 1824      |
| 39 | 1872      |
| 40 | 1920      |
| 41 | 1968      |
| 42 | 2016      |
| 43 | 2064      |
| 44 | 2112      |
| 45 | 2160      |

| 36 | 2160 piés. |
|----|------------|
| 37 | 2220       |
| 38 | 2280 diff. |
| 39 | 2340 60    |
| 40 | 2400       |
| 41 | 2460       |
| 42 | 2520       |
| 43 | 2580       |
| 44 | 2640       |
| 45 | 2700       |

3. Table à trois livres  
de poudre.

dég. portées.

| 37 | 2664 piés. |
|----|------------|
| 38 | 2736       |
| 39 | 2808 diff. |
| 40 | 2880 72    |
| 41 | 2952       |
| 42 | 3024       |
| 43 | 3096       |
| 44 | 3168       |
| 45 | 3240       |

LIV. II.  
CHAP.  
XII.

Prati-  
que des  
Bombar-  
diers du  
Roi exa-  
minée.

tées se trouvent en ajoutant 48. piés au précédent de degré en degré ; ainsi ajoutant 48 à 480 répondant à 10 degré, vous avez 528 pour 11 degrés, & 576 pour 12 en ajoutant 48 à 528, & 624 pour 13 degrés mettant 48 avec 576. & ainsi des autres.

La seconde à deux livres & demi de charge ne commence qu'à 36 dég. jusqu'à 45 ; parce que le mortier avec cette charge donne autant de chasse à la bombe à 36 degrés, qu'à 45 lorsqu'il n'a que deux livres de poudre ; car l'étendue de la portée est en l'un & en l'autre de 2160 piés. Les nombres de pies des portées se surpassent l'un l'autre de 60 piés à chaque degré ; ainsi 2220 du trente septième degré vient de 2160 du trente-sixième & de 60 ajoutés ensemble, & 2280 du trente-huitième ajoutant 2220 avec 60. Et ainsi du reste.

La troisième à trois livres de poudre, qui est la plus grande charge que l'on doit donner à la chambre d'un mortier de douze pouces de calibre,

ne

ne commence par la même raison qu'à 37 degrés jusqu'à 45 ; parce qu'avec cette charge il chasse presque aussi loin sous l'angle de 37 degrés, que sous celui de 45 avec deux livres & demi de poudre. Les nombres de piés des portées s'y suivent à chaque degré de 72 piés ; ainsi ajoutant 72 à 2664 du trente-septième degré, vous aurez 2736 pour le trente-huitième ; & ajoutant 72 à 2736, l'on a 2808 pour le trente-neuvième & 2880 pour le quarantième en ajoutant 72 à 2808. Et ainsi des autres.

Ils disent qu'un mortier de huit pouces de calibre chargé d'une demi livre de poudre menuë grénée, donne pour chaque degré d'élévation 42 piés de différence de portée, & pour la plus grande volée sous 45 degrés, donne 1890 piés. Le même chargé de trois quarterons de la même poudre donne 62 piés de différence de portées à chaque degré d'élévation, & pour la plus grande, qui est à 45 degrés, 2790 piés. Et enfin avec

une

LIV. II.  
CHAP.  
XII.

Prati-  
que des  
Bombar-  
diers du  
Roi exa-  
minée.

une livre de poudre qui est la plus forte charge que l'on doive donner à la chambre d'un mortier de huit pouces de calibre ; il donne 82 piés de différence de portée à chaque degré d'élévation , & 3690 piés pour sa plus grande étendue sous l'angle de 45 degrés.

Voici les tables. La première à une demi livre de poudre commence à 5 degrés jusqu'à 45 & les nombres des portées se suivent en augmentant de 42 piés à chaque degré. La seconde à trois quarterons de la même poudre ne commence qu'à 31 degrés , parce qu'en cette élévation avec cette charge, la portée est plus grande que celle à 45 degrés avec une demi livre de poudre. Les nombres des portées se suivent en augmentant de 62 piés à chaque degré. La troisième à une livre de poudre commence à 35 dégr. où la portée est plus grande que celle à 45 degré avec trois quârterons de poudre : les nombres des portées s'y suivent en augmentant de 82 piés à chaque degré.

Je



Table des Bombardiers pour un mortier de huit pouces de Calibre.

LIV. II.  
CHAP.  
XII.

Prati-  
que des  
Bombar-  
diers du  
Roi exa-  
minée.

1. Table à  $\frac{1}{2}$  livre  
de poudre.  
dég. portées.

| 5  | 210 piés. |
|----|-----------|
| 10 | 420       |
| 11 | 462 diff. |
| 12 | 504 42    |
| 13 | 546       |
| 14 | 588       |
| 15 | 630       |
| 16 | 672       |
| 17 | 708       |
| 18 | 756       |
| 19 | 798       |
| 20 | 840       |
| 21 | 882       |
| 22 | 924       |
| 23 | 966       |
| 24 | 1008      |
| 25 | 1050      |
| 26 | 1092      |
| 27 | 1134      |
| 28 | 1176      |
| 29 | 1218      |
| 30 | 1260      |
| 31 | 1302      |
| 32 | 1344      |
| 33 | 1386      |
| 34 | 1428      |
| 35 | 1470      |
| 36 | 1512      |
| 37 | 1554      |
| 38 | 1596      |
| 39 | 1638      |
| 40 | 1680      |
| 41 | 1722      |
| 42 | 1764      |
| 43 | 1806      |
| 44 | 1846      |
| 45 | 1870      |

2. Table à  $\frac{3}{4}$  livre  
de poudre.  
dég. portées.

|    |            |
|----|------------|
| 31 | 1922 piés. |
| 32 | 1984       |
| 33 | 2046 diff. |
| 34 | 2108 62    |
| 35 | 2170       |
| 36 | 2232       |
| 37 | 2294       |
| 38 | 2356       |
| 39 | 2418       |
| 40 | 2480       |
| 41 | 2542       |
| 42 | 2604       |
| 43 | 2666       |
| 44 | 2728       |
| 45 | 2790       |

3. Table à une li-  
vre de poudre.  
dég. portées.

|    |            |
|----|------------|
| 35 | 2870 piés. |
| 36 | 2952       |
| 37 | 3034       |
| 38 | 3116 diff. |
| 39 | 3198 82    |
| 40 | 3280       |
| 41 | 3362       |
| 42 | 3444       |
| 43 | 3526       |
| 44 | 3608       |
| 45 | 3690       |

D

LIV. II.  
CHAP.  
XII.

Prati-  
que des  
Bombar-  
diers du  
Roi exa-  
minée.

Je pourrois ajoûter ici divers autres de leurs calculs, mais comme ils sont tous faits sur un même raisonnement; j'ai crû que ceux-ci pouvoient suffire pour faire voir que comme ils ont crû que les portées augmentoient toujours également à chaque degré d'élevations du mortier, ils ont ajusté leurs tables à leurs sentimens, plutôt que s'appliquer à faire des expériences exactes & fidèles, sans se laisser prévenir d'opinions de bienveillance, qui sont presque toujours fausses, comme est celle-ci, ainsi qu'il se verra dans la suite.

Voilà enfin tout ce que j'ai pû tirer de lumière de ces Auteurs & de quantité d'autres de toutes Nations, qui sur cette matière remettent tout à la pratique expérimentale du bon Canonier, ou suivent aveuglement les raisonnemens de ceux qui les ont devancez & dont nous venons de parler. Reste donc maintenant à expliquer ce que l'on a reconû de véritable & de démonstratif sur ce sujet. Ce que je vai faire dans cette seconde partie.

L'ART

## L'ART DE JETTER

LES

## B O M B E S.

Et de connoître l'étenduë des coups  
de volée d'un Canon en toutes  
fortes d'Elévations.

## S E C O N D E P A R T I E.

Pratiques de L'Art de Jetter les Bombes :

## LIVRE PREMIER.

*Pour les jets dont l'étenduë est au niveau des  
batteries par le moyen des sinus.*



Comme la Théorie de cette doctrine est d'elle-même assez difficile & suppose des connoissances dont les principes doivent être raportés de loin; j'ai crû que pour embarasser d'autant moins l'esprit de ceux qui voudroient s'en servir avec quelque utilité, je ferois

LIV. I.  
Prati-  
ques  
pour les  
jets, dont  
l'éten-  
duë est  
au ni-  
veau des  
batteries  
& par le  
moyen  
des sinus.

LIV. I.

Pratique pour  
les jets ,  
dont l'étendue  
est au niveau des  
batteries  
& par le  
moyen  
des sinus.

bien de leur enseigner premièrement les Pratiques, & de remettre dans la suite à leur donner l'explication de leurs raisons & de leurs fondemens.

Ces pratiques ont été pour la plupart inventées, sur la doctrine de Galilée premier & principal Mathématicien du grand Duc de Toscane, par Torricelli son disciple & son successeur : qui nous a premièrement expliqué que pour connoître les différentes portées des coups de volée d'une pièce d'Artillerie ou d'un mortier en toutes sortes d'élévations, il falloit avant toutes choses en faire une épreuve bien exacte, en tirant la pièce ou le mortier élevé sous un angle bien connu, & mesurant l'étendue de sa portée avec toute la précision possible, pour en pouvoir faire un fondement certain pour toutes les autres : car d'une seule expérience sûre & fidèle, l'on vient à la connoissance de tous les autres effets, en cette manière.

## CHAPITRE PREMIER.

*Pour trouver l'étendue d'un coup sur une  
élévation donnée.*

**S** I vous voulez sçavoir l'étendue de la portée de votre pièce à telle autre élévation qu'il vous plaira, faites que comme le sinus du double de l'angle de l'élévation sous laquelle l'expérience a été faite, (que j'appellerai dorenavant la première élévation, est au sinus du double de l'angle de l'élévation proposée; ainsi l'étendue de la portée connue par l'expérience, (que j'appellerai aussi désormais la première portée,) soit à un autre. Et vous aurez ce que vous demandez.

LIV. I.  
CHAP.  
I.  
Pour  
trouver  
l'étendue  
d'un  
coup  
sur une  
éléva-  
tion  
donnée.

Comme si ayant fait l'expérience de votre pièce élevée sous l'angle de 30 degrés, vous avez trouvé qu'elle ait chassé précisément à la longueur de 1000 toises ou 1000 autres mesures; pour sçavoir qu'elle sera la portée de la même pièce avec la même charge, lors-quelle sera élevée à l'angle de 45 degrés; il faut prendre le sinus

D 3

de

LIV. I.  
CHAP.  
I.Pour  
trouver  
l'étenduë d'un  
coup sur  
une élé-  
vation  
donnée.

de l'angle de 60 degréz double de celui de la première élévation, qui est 8660, & en faire le premier terme de la règle de Trois, dont le second est sinus de l'angle de 90 degréz double de celui de l'élévation que l'on propose qui est 10000 ; & le troisiéme est le nombre des mesures de la première portée qui est 1000 toises, & les disposer en cette manière.

Si 8660 me donnent 10000, que me donneront 1000 ? pour avoir près de 1155 toises pour la portée de la pièce élevée sous l'angle de 45 degréz.

Où il faut remarquer que lors-que l'angle de l'inclination proposée est plus grand que 45 degréz, il ne faut pas le doubler pour avoir le sinus que la règle demande ; mais il faut à sa place prendre le sinus du double de son complément à l'angle droit. Comme si l'on propose l'élévation de la pièce à l'angle de 50 degréz, il faut prendre le sinus de 80 degréz double de 40 degréz qui font le complément à l'angle droit du proposé de 50 dégr.

CHA-

## CHAPITRE II.

*Trouver l'angle de l'élévation pour une étendue donnée.*

SI l'on vous donne une étendue LIV. I  
déterminée à laquelle on veut que CHAP.  
la pièce chasse, pourvû que cette II.  
étendue ne soit pas plus grande que Trou-  
celle de l'élévation de 45 degrés : ver l'an-  
pour trouver l'angle de l'élévation gle de  
qu'il faut donner à la pièce pour lui l'éléva-  
faire faire l'effet proposé ; il faut dire tion  
que comme la première portée est à pour  
l'étendue que l'on propose, ainsi le si- une é-  
nus du double de l'angle de la pre- tendue  
mière élévation, soit à un autre. Et ce donnée.  
nombre sera le sinus du double de  
l'angle de l'élévation qu'il faut don-  
ner à la pièce.

Comme si l'on veut que le Canon ou le mortier porte à la distance de 800 toises ou 800 autres mesures, il faut que la première étendue de 1000 toises, soit le premier terme de la règle de Trois, la portée proposée de 800 toises soit le deuxième, & le

LIV. I CHAP. II. troisiéme soit 8660 sinus de l'angle de 60 degrés double de celui de 30 degrés de la première élévation. En cette maniere.

Trouver l'angle de l'élévation pour une élévation donnée.

Si 1000 toises font 800 to. que feront 8660 ? pour avoir 6928 qui est le sinus de l'angle 43 degrés 52, dont la moitié, c'est-à-dire 21. 56', est l'angle de l'élévation que vous devez donner à la pièce pour faire l'effet proposé. Et si vous ôtez les 21. 56' de l'angle droit ou de 92 degrés, vous aurez l'angle du complement de 68 degrés 4' que vous pourrez prendre pour l'élévation de votre pièce ; car elle chassera également loin, soit que vous l'éleviez à l'angle de 21. 56', ou à celui de son complement 68. 4'.

CHAP. III.

CHAPITRE III.

Table des sinus servant au jet des Bombes.

*Table des Sinus servant au jet des Bombes.*

Pour plus grande facilité & pour ôter cet embarras que l'on a de



# LES BOMBES, II. PARTIE. 81

a de rechercher les sinus du double des angles des élévations proposées ; Galilée & Torricelli ont

LIV. I.  
CHAP.  
III.

Table  
des sinus  
servant  
au jet des  
Bombes.

dégrez. portées. dég. portées.

| 90 |    | 0    |    |    | 0     |
|----|----|------|----|----|-------|
| 89 | 1  | 349  | 65 | 25 | 7660  |
| 88 | 2  | 698  | 64 | 26 | 7880  |
| 87 | 3  | 1045 | 63 | 27 | 8090  |
| 86 | 4  | 1392 | 62 | 28 | 8290  |
| 85 | 5  | 1736 | 61 | 29 | 8480  |
| 84 | 6  | 2079 | 60 | 30 | 8660  |
| 83 | 7  | 2419 | 59 | 31 | 8829  |
| 82 | 8  | 2556 | 58 | 32 | 8988  |
| 81 | 9  | 3090 | 57 | 33 | 9135  |
| 80 | 10 | 3420 | 56 | 34 | 9272  |
| 79 | 11 | 3746 | 55 | 35 | 9397  |
| 78 | 12 | 4067 | 54 | 36 | 9511  |
| 77 | 13 | 4384 | 53 | 37 | 9613  |
| 76 | 14 | 4695 | 52 | 38 | 9703  |
| 75 | 15 | 5000 | 51 | 39 | 9781  |
| 74 | 16 | 5299 | 50 | 40 | 9848  |
| 73 | 17 | 5592 | 49 | 41 | 9903  |
| 72 | 18 | 5870 | 48 | 42 | 9945  |
| 71 | 19 | 6137 | 47 | 43 | 9976  |
| 70 | 20 | 6428 | 46 | 44 | 9994  |
| 69 | 21 | 6691 | 45 | 45 | 10000 |
| 68 | 22 | 6947 |    |    |       |
| 67 | 23 | 7193 |    |    |       |
| 66 | 24 | 7431 |    |    |       |

fait des Tables que j'ai mises ici,  
dans lesquelles on voit tout d'un  
coup les sinus des angles que

LIV. I.  
CHAP.  
III.

Table  
des sinus  
servant  
au jet  
Bombes.

l'on recherche. C'est-à-dire que ces tables ont été tirées de celles des sinus ordinaires, dont elles ne diffèrent qu'en ce que les nombres qui répondent ici à chaque degré, sont dans les tables ordinaires ceux qui répondent aux degrés qui sont doubles de ceux-ci; car le nombre répondant ici à 1 degré répond dans l'autre à 2 degrés; celui qui répond ici à 2 degrés répond dans l'autre à 4 dégr.; celui de 20 dégr. est de 40 degrés dans l'autre. Et ainsi du reste.

---

#### CHAPITRE IV.

*Usage de la Table pour trouver l'étendue, sur une élévation donnée.*

CHAP.  
VI.

Usage  
de la Ta-  
ble pour  
trouver  
l'éten-  
due sur  
une élé-  
vation  
donnée.

L'Usage de cette table est facile. Car pour connoître l'étendue sur une élévation proposée, il ne faut que prendre pour premier terme de la règle de Trois, le nombre qui répond à l'angle de la première élévation, & pour second celui qui répond à l'angle de l'élévation proposée; & enfin le nom-

nombre des mesures de la première étendue pour troisième terme; afin que par la règle vous ayez pour quatrième l'étendue que vous cherchez.

Comme si, nous servant des exemples que nous avons rapportez ci-devant, nous voulons savoir quelle sera la portée d'une pièce élevée à l'angle de 45 degrés, supposé qu'elle ait chassé à la longueur de 1000 toises lorsqu'elle étoit élevée à l'angle de 30 degrés. Je dis ainsi.

Si 8660 répondant à 30. dég. me donnent 10000 répondant à 45 dég., que me donneront 1000 to. de la première portée; & j'aurai près de 1155 toises pour la portée que l'on demande.

## CHAPITRE V.

*Pour trouver l'élévation sur une étendue donnée*

Ainsi pour savoir à quel angle je dois élever ma pièce pour la faire chasser à une distance donnée, qui ne soit pas plus grande que celle de 1155 to. qui est l'étendue de la

LIV. I.  
CHAP.  
IV.

Usage  
de la Ta-  
ble pour  
trouver  
l'éten-  
duë sur  
une é-  
lévation  
donnée.

CHAP.  
V.

Pour  
trouver  
l'éléva-  
tion sur  
une é-  
tendue  
donnée.

Pour  
trouver  
l'éléva-  
tion sur  
une éten-  
duë don-  
née.

pièce élevée à 45 dégrez: je prens pour premier terme de ma règle la première étenduë, pour second l'étenduë proposée, pour troisième le nombre répondant dans la table à l'angle de la première élévation, & le quatrième sera le nombre répondant à l'angle de l'élévation que l'on demande.

Comme si l'on veut faire chasser la pièce à la distance de 800 toises, il faut faire ainsi.

Si 1000 toises première étenduë, me donnent 800 toises étenduë proposée, que me donneront 8660 répondant à la première élévation? Et j'aurai 6928 dont le nombre le plus proche de la Table est 6947 qui répond aux angles de 22 dég. & de 68 dég. Qui sont ceux où je pourrai élever la pièce pour lui faire faire l'effet proposé.

Au reste le nombre 10000 de la plus grande portée de la Table n'a pas été pris au hazard: car outre que c'est celui que l'on donne ordinairement au sinus total dans la Table commune des sinus, d'où celle-ci a été tirée; c'est

c'est que la moitié de ce nombre, c'est à-dire 5000, réduite en pas Géométriques, marque assez justement la plus grande portée d'une Coulevrine de 30 livres de balle.

Nous pouvons joindre ici les autres tables que Galilée & Torricelli nous ont données, comme celle des hauteurs des jets en toutes sortes d'élévation d'une même pièce également chargée; celle des hauteurs ou sublimitez des jets dont les longueurs horizontales sont égales en toutes élévations; & une troisième que j'ai calculée de la proportion de la force qu'il faut imprimer au mobile pour le faire porter à une même longueur horizontale en toutes sortes d'élévations.

LIV. I.  
CHAP.  
V.

Pour  
trouver  
l'élévation sur  
une  
étendue  
donnée.

# CHAPITRE VI.

*Table des hauteurs des jets de même force.*

DANS la première, c'est-à-dire dans celle des hauteurs des jets en toutes sortes d'élévation, lorsque la force est toujours la même, (laquelle a beaucoup de liaison avec celle des étendues que nous venons d'expli-

CHAP.  
VI.

Table  
des hau-  
teurs  
des jets  
de même  
force.

LIV. I.  
CHAP.  
VI.

Table  
des hau-  
teurs des  
jets de  
même  
force.

quer;) nous ne nous sommes pas servis des nombres qui se trouvent dans les tables de Galilée & de Torricelli; parce qu'ayant donné le nombre 10000 à la moitié de leur plus grande portée, ils mettent aussi le même nombre 10000 à la plus grande hauteur à cause que celle-ci, c'est-à-dire la hauteur du jet perpendiculaire, est égale à la moitié de la plus grande portée qui est celle de la pièce pointée sous l'angle de 45 degrés. Mais comme nous avons supposé dans la table précédente que la plus grande portée étoit 10000, la plus grande hauteur sur ce pié ne peut être que de 5000. Et partant tous les nombres de notre table des hauteurs sont les moitiés de ceux de Galilée. Les nombres de la table des portées sont proportionels aux sinus du double des angles de l'élevation, & ceux de cette table des hauteurs, sont les quarts des sinus versés du double des mêmes angles, parce qu'ils sont les moitiés des nombres de la Table de Torricelli qui sont

# LES BOMBES, II. PARTIE. 87

Table des hauteurs des jets poussez d'une même force  
dont la plus grande portée est 10000.

LIV. I.  
CHAP.  
VI.

dég. hauteur    dég. hauteur.    dég. hauteur.

Table  
des hau-  
teurs  
des jets  
de même  
force.

|    |                   |    |      |    |      |
|----|-------------------|----|------|----|------|
| 1  | $1 - \frac{1}{2}$ | 31 | 1326 | 61 | 3825 |
| 2  | $6 - \frac{1}{2}$ | 32 | 1405 | 62 | 3898 |
| 3  | 14                | 33 | 1483 | 63 | 3969 |
| 4  | 25                | 34 | 1564 | 64 | 4039 |
| 5  | 38                | 35 | 1645 | 65 | 4107 |
| 6  | 54                | 36 | 1728 | 66 | 4173 |
| 7  | 75                | 37 | 1810 | 67 | 4237 |
| 8  | 97                | 38 | 1896 | 68 | 4298 |
| 9  | 123               | 39 | 1981 | 69 | 4352 |
| 10 | 151               | 40 | 2066 | 70 | 4415 |
| 11 | 182               | 41 | 2151 | 71 | 4470 |
| 12 | 216               | 42 | 2238 | 72 | 4522 |
| 13 | 253               | 43 | 2327 | 73 | 4572 |
| 14 | 292               | 44 | 2413 | 74 | 4620 |
| 15 | 335               | 45 | 2500 | 75 | 4665 |
| 16 | 380               | 46 | 2586 | 76 | 4708 |
| 17 | 427               | 47 | 2673 | 77 | 4748 |
| 18 | 477               | 48 | 2761 | 78 | 4783 |
| 19 | 530               | 49 | 2849 | 79 | 4818 |
| 20 | 585               | 50 | 2934 | 80 | 4849 |
| 21 | 642               | 51 | 3019 | 81 | 4878 |
| 22 | 701               | 52 | 3103 | 82 | 4903 |
| 23 | 763               | 53 | 3189 | 83 | 4925 |
| 24 | 842               | 54 | 3273 | 84 | 4945 |
| 25 | 893               | 55 | 3355 | 85 | 4962 |
| 26 | 961               | 56 | 3436 | 86 | 4975 |
| 27 | 1030              | 57 | 3517 | 87 | 4986 |
| 28 | 1102              | 58 | 3595 | 88 | 4998 |
| 29 | 1175              | 59 | 3674 | 89 | 4999 |
| 30 | 1249              | 60 | 3757 | 90 | 5000 |

LIV. I. sont les moitiés des mêmes sinus.  
 CHAP. L'usage de cette table est tel. Con-  
 VI.

Table noissant l'étendue d'un jet suivant un  
 des hau- angle d'inclination, si l'on en veut sa-  
 teurs des voir la hauteur, il faut faire que com-  
 jets de me le nombre répondant à l'angle  
 même proposé dans la table des portées est à  
 force. l'étendue connue de votre jet; ainsi  
 le nombre répondant au même angle  
 dans la table des hauteurs, soit à un  
 autre? Qui vous donnera la hauteur  
 que vous demandez; comme si la por-  
 tée du jet sous l'angle de 22 degrés é-  
 tant de 800 toises, je veux savoir sa  
 hauteur perpendiculaire, je prens pour  
 premier terme de ma règle de Trois le  
 nombre qui répond à 22 dégr. dans la  
 table des portées qui est 6947, pour se-  
 cond terme 800 to. de la portée con-  
 nue, pour troisiéme le nombre 701 ré-  
 pondant à l'angle de 22 dégr. dans la ta-  
 ble des hauteurs; & par la règle je  
 trouve que la hauteur du jet que je de-  
 mande est de 80 toises 4 piés 4 pouces.

Mais si la même portée de 800 to.  
 venoit d'un jet fait sous l'élévation de



68 dégr. complément de l'angle de 22 LIV. I.  
 dégr. ; il faudroit prendre, pour trois CHAP.  
 sième terme de la règle de Trois, le VI.  
 nombre qui répond dans la table des Table  
 hauteurs à l'angle de 68 dégr. qui est des hau-  
 4298 ; & par la règle nous aurions teurs des  
 pour la hauteur du jet proposé 494 jets de  
 toises 5 piés 8 pouces. même  
 force.

## CHAPITRE VII.

*Table des hauteurs & sublimitez des jets de  
 même étendue.*

**V**Oici la seconde Table qui est CHAP.  
 celle des hauteurs & des subli- VII.  
 mitez des jets d'une même étendue de Table  
 portée en toutes sortes d'élévations : des hau-  
 cette étendue supposée par tout éga- teurs &  
 le à celle que nous avons prise pour subli-  
 notre plus grande portée dans les au- mitez  
 tres tables, c'est-à-dire à 10000 par- des jets  
 ties ; ce qui fait que tous les nombres de même  
 de cette table, comme ceux des précé- étendue.  
 dentes, ne sont que la moitié de ceux  
 qui se trouvent dans celles de Gali-  
 lée & de Torricelli qui ont donné  
 le

LIV. I. *Table des hauteurs & des sublimités des jets*  
 CHAP. dont l'étendue en toutes élévations est toujours  
 VII. la même, posée de 10000 parties.

Table  
des hau-  
teurs &  
subli-  
mités  
des jets  
de même  
étendue.

| dég. | haut. | subl.   | dég. | haut. | subl. | dég. | haut. | subl. |
|------|-------|---------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 0    | 0     | infini. | 90   |       |       |      |       |       |
| 1    | 43    | 143225  | 89   | 25    | 1166  | 5361 | 65    |       |
| 2    | 87    | 71593   | 88   | 26    | 1219  | 5126 | 64    |       |
| 3    | 131   | 47703   | 87   | 27    | 1274  | 4906 | 63    |       |
| 4    | 175   | 35751   | 86   | 28    | 1329  | 4702 | 62    |       |
| 5    | 218   | 28575   | 85   | 29    | 1386  | 4510 | 61    |       |
| 6    | 262   | 23786   | 84   | 30    | 1443  | 4330 | 60    |       |
| 7    | 307   | 20361   | 83   | 31    | 1502  | 4160 | 59    |       |
| 8    | 352   | 17788   | 82   | 32    | 1562  | 4001 | 58    |       |
| 9    | 396   | 15784   | 81   | 33    | 1623  | 3849 | 57    |       |
| 10   | 441   | 14178   | 80   | 34    | 1686  | 3706 | 56    |       |
| 11   | 486   | 12861   | 79   | 35    | 1750  | 3570 | 55    |       |
| 12   | 531   | 11761   | 78   | 36    | 1816  | 3441 | 54    |       |
| 13   | 577   | 10828   | 77   | 37    | 1884  | 3317 | 53    |       |
| 14   | 623   | 10027   | 76   | 38    | 1953  | 3200 | 52    |       |
| 15   | 670   | 9330    | 75   | 39    | 2024  | 3087 | 51    |       |
| 16   | 717   | 8718    | 74   | 40    | 2098  | 2979 | 50    |       |
| 17   | 764   | 8177    | 73   | 41    | 2173  | 2876 | 49    |       |
| 18   | 812   | 7694    | 72   | 42    | 2251  | 2776 | 48    |       |
| 19   | 856   | 7260    | 71   | 43    | 2331  | 2681 | 47    |       |
| 20   | 910   | 6868    | 70   | 44    | 2414  | 2589 | 46    |       |
| 21   | 959   | 6512    | 69   | 45    | 2500  | 2500 | 45    |       |
| 22   | 1010  | 6187    | 68   |       |       |      |       |       |
| 23   | 1061  | 5889    | 67   |       |       |      |       |       |
| 24   | 1113  | 5615    | 66   |       |       |      |       |       |

subl. haut. dég.      subl. haut. dég.

le même nombre 10000 à l'étendue  
 de leur demi-parabole ; au lieu que  
 nous en faisons celle de la parabole  
 entié-

entière ; d'où il arrive que tous les nombres des hauteurs sont chacun le quart de ceux qui sont les tangentes des angles d'élévation dans la Table ordinaire des sinus, & ceux des sublimités sont chacun le quart des tangentes du complément des mêmes angles.

LIV. I.  
CHAP.  
VII.

Table  
des hau-  
teurs &  
sublimi-  
té des  
jets de  
même é-  
tenduë.

Je ne m'arrêterai pas à vouloir faire comprendre ce que l'on entend par la sublimité d'une parabole ou d'un jet, parce que tout cela sera expliqué fort au long dans la troisième partie de ce Livre. Je parlerai donc seulement de l'usage de cette table, qui est tel ; que voulant savoir sur une étendue donnée, quelle doit être la sublimité & la hauteur d'un jet sur l'élévation d'un angle donné : il faut faire que comme le nombre 10000 est à l'étendue proposée, ainsi ceux des hauteur & sublimité qui répondent à l'angle donné dans la Table, sont à d'autres ; qui seront ceux que l'on demande. Comme si l'étendue proposée étant de 800 toises, on veut savoir la hau-

LIV. I.  
CHAP.  
VII.

Table  
des hau-  
teurs &  
sublimi-  
tez des  
jets de  
même é-  
tendue.

hauteur & la sublimité du jet de cette longueur sous l'élévation de 26 dég. le premier terme de la règle de Trois est 10000, le second est 800, & le troisième pour la hauteur est 1219, qui donne pour quatrième  $93\frac{1}{2}$ . Le même troisième pour la sublimité est 5126 qui donne pour quatrième 410. Ainsi la hauteur du jet sur cette hypothèse sera de  $93\frac{1}{2}$  toises, & la sublimité de 410 toises. Ce qui est de particulier est qu'à l'élévation de l'angle de 64 dég. qui est le complement de l'angle proposé de 26 dég, les hauteurs & les sublimitez sont réciproques, c'est-à-dire que la hauteur est de 410 to., & la sublimité de  $93\frac{1}{2}$ .

## CHAPITRE VIII.

*Table de la force des jets de même étendue.*

CHAP.  
VIII.

Table  
de la for-  
ce des  
jets de  
même  
étendue.

**L**A table qui suit est faite en ajoutant ensemble les hauteurs & les sublimitez de la précédente. Son usage est pour la proportion que la force qui a chassé le mobile à une certaine dis-  
tan-

tance suivant un certain angle d'élévation, doit avoir à une force qui pourra chasser le même mobile ou son égal à la même distance suivant tout autre degré d'élévation; c'est-à-dire que la force du jet parcourant un certain espace sous l'angle de 22 dégr. ou de son complement à l'angle droit qui est de 68 dégr., sera à la force du jet parcourant le même espace sous l'angle de 35 dégr. ou de 55 dégr. qui est son complement à un droit, comme le nombre 7197 répondant à 22 dégr. est à 5321 répondant à 35 dégr. L'on voit par cette table que de tous les jets d'une même étendue; celui où il faut moins de force est le jet qui se fait sous l'élévation de 45 dégr., & qu'il faut que la force augmente à mesure que l'élévation s'éloigne du demi droit vers la perpendiculaire ou vers l'horizontale; ainsi il faudroit une force infinie pour faire parcourir un espace de niveau quel qu'il puisse être sous l'élévation de 90 & de 0 dégr., c'est-à-dire lors-que le jet est

LIV. I.  
CHAP.  
VIII.

Table  
de la for-  
ce des  
jets de  
même é-  
tendue.

LIV. I. *Table de la force qu'il faut donner aux jets de*  
 CHAP. *même étendue en toutes sortes d'Elévation.*  
 VIII.

Table  
 de la for-  
 ce des  
 jets de  
 même  
 étendue.

| 0 90 infini. |    |        |    |    |      |
|--------------|----|--------|----|----|------|
| 1            | 89 | 143268 | 25 | 65 | 6527 |
| 2            | 88 | 71680  | 26 | 64 | 6345 |
| 3            | 87 | 47834  | 27 | 63 | 6180 |
| 4            | 86 | 35926  | 28 | 62 | 6031 |
| 5            | 85 | 28793  | 29 | 61 | 5896 |
| 6            | 84 | 24048  | 30 | 60 | 5773 |
| 7            | 83 | 20668  | 31 | 59 | 5662 |
| 8            | 82 | 18140  | 32 | 58 | 5563 |
| 9            | 81 | 16180  | 33 | 57 | 5473 |
| 10           | 80 | 14569  | 34 | 56 | 5393 |
| 11           | 79 | 13347  | 35 | 55 | 5321 |
| 12           | 78 | 12293  | 36 | 54 | 5272 |
| 13           | 77 | 11405  | 37 | 53 | 5201 |
| 14           | 76 | 10650  | 38 | 52 | 5153 |
| 15           | 75 | 10000  | 39 | 51 | 5112 |
| 16           | 74 | 9435   | 40 | 50 | 5077 |
| 17           | 73 | 8941   | 41 | 49 | 5049 |
| 18           | 72 | 8606   | 42 | 48 | 5027 |
| 19           | 71 | 8121   | 43 | 47 | 5012 |
| 20           | 70 | 7778   | 44 | 46 | 5003 |
| 21           | 69 | 7472   | 45 | 45 | 5000 |
| 22           | 68 | 7197   |    |    |      |
| 23           | 67 | 6950   |    |    |      |
| 24           | 66 | 6728   |    |    |      |

est ou à plomb ou de niveau; ce qui  
 fera expliqué dans la quatrième par-  
 tie de ce Livre.

Au

Au reste il est bon de savoir que c'est sur la table des portées expliquée ci-devant, que j'ai calculé celles qui se voient dans la première partie de ce Livre, pour être comparées à celle de Diego Ufano, & aux autres. Je crois qu'il est inutile de dire que les angles d'élévation doivent être donnez ou mesurez sur la pièce avec l'Equerre divisée par degrés, & non pas par celle de Tartaglia qui est divisée en 12. points.

LIV. I.  
CHAP.  
VIII.  
Table  
de la force  
des  
jets de  
même é-  
tendue.

## LIV. II. LIVRE SECOND,

Pratiques des jets dont l'étendue est  
au niveau des batteries, par le  
moïen des instrumens.

## CHAP.

## CHAPITRE PREMIER.

## I.

Par  
l'Equer-  
re des  
Cano-  
niers re-  
ctifiée.

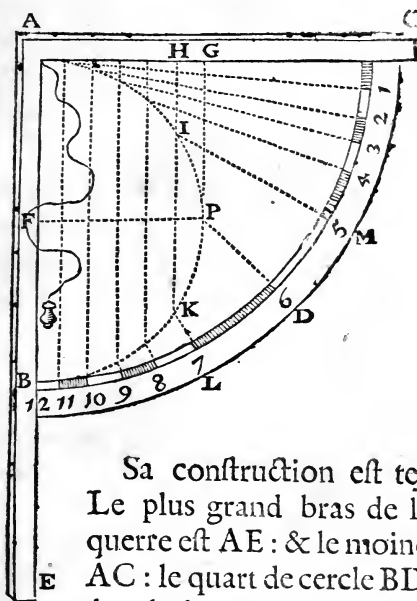
*Par l'Equerre des Canoniers rectifiée.*



Ais parce que la plûpart des  
Canoniers est accoutumée à  
cette Equerre de 12 points,  
le même Torricelli a trouvé  
le moïen de la rectifier & de la met-  
tre en état que l'on s'en puisse servir  
utilement par la connoissance des  
portées. Sa figure est la même que  
celle de Tartaglia, composée de deux  
bras inégaux formans un angle  
droit, d'un quart de cercle, & d'un  
plomb attaché par un filet à l'angle ;  
le plus grand bras se met dans la pié-  
ce & le quart de cercle est divisé  
en 12 points à commencer du plus  
petit bras de l'Equerre, & chaque  
point en 12 minutes. Toute la  
diffé-



LES BOMBES, I. PARTIE. 97  
 différence est en la division de ces LIV. II.  
 points & de ces minutes, qui sont CHAP.  
 gaux de l'Equerre de Tartaglia I.  
 & fort inégaux dans celle-ci. Par  
 l'Equer-  
 re des  
 Cano-  
 niers re-  
 ctifiée.



Sa construction est telle.  
 Le plus grand bras de l'E-  
 querre est AE : & le moindre  
 AC : le quart de cercle BDC :  
 dont le demi diametre est AB ;  
 sur lequel comme sur un diametre il  
 faut décrire le demi cercle APB sur  
 le centre F , & mener FP perpendicu-  
 laire à AB qui sera par conséquent  
 E parall-

LIV. II.  
CHAP.  
I.

Par  
l'Equer-  
re des  
Cano-  
niers re-  
ctifiée.

parallele à AC ; puis du point P , élever PG parallele à AB , qui coupe AC en G ; en-suite il faut couper la droite AG en 6 parties égales comme aux points G & H &c. , d'où il faut laisser tomber des droits paralleles au côté AB qui coupent le demi cercle chacune en deux points comme HK aux points I & K &c ; enfin du point A , par les points où le demi cercle est coupé par ces paralleles , il faut mener des droits jusqu'au quart de cercle BDC , qui le couperont en douze parties inégales qui seront les douze points de l'Equerre. Comme la droite APD tirée du point A par le point P marquera le sixième point de l'Equerre , AIM le cinquième , AKL le septième , & ainsi des autres. Où il faut remarquer que la largeur des points , qui sont également éloignés du sixième , est égale , comme DL est égal à DM largeur du cinquième & septième point , ainsi celles du huitième & du quatrième &c.

Et comme il seroit peut-être difficile

cile de trouver précisément le premier & le fécond point de l'Equerre, qui commencent toûjours du côté du plus petit bras A C ; il ne faut que les faire égaux au douzième & à l'onzième qui leur répondent & dont la grandeur se trouve avec facilité.

LIV. II.  
CHAP.  
I.

Par  
l'Equer-  
re des  
Cano-  
niers re-  
ctifiée.

Pour avoir les minutes , il ne faut que diviser chacune des parties égales de la ligne AG comme HG &c en 12 autres portions égales, & de chaque point de division abaisser des droites paralleles à A B , qui couperont le demi cercle chacune en deux points , par lesquels menant des lignes droites du point A jusqu'au quart de cercle BDC, elles y marqueront les minutes que l'on demande.

J'oubliois à dire que le plomb est attaché par un filet au point A de l'angle de l'équerre.

L'usage de cet Equerre est tres facile: car les points y ont entr'eux la même proportion que des portées d'une pièce élevée suivant les angles qu'ils font sur l'Equerre ; c'est-à-dire que

§ IV. II.  
CHAP.  
II.

Par  
l'Equer-  
re des  
Cano-  
niers re-  
ctifiée.

la portée d'une pièce élevée au quatrième point est double de la portée de la même pièce élevée au second point ; & quadruple de la portée au premier point, comme le nombre 4 est double du nombre 2, & quadruple du nombre 1 &c.

Il suffit donc de mettre son plus grand bras dans l'ame de la pièce, & remarquer par le moien du filet quel est le point de son élévation ? Et par l'expérience d'un seul coup, dont il faut mesurer exactement la portée, l'on peut assez bien juger de la portée de la même pièce avec la même charge dans toutes sortes d'élévation, en faisant une règle des trois. Comme si la portée de votre pièce élevée par exemple au deuxième point a été de 800 toises, pour savoir quelle sera sa portée lors - qu'elle sera élevée au cinquième point ? il faut dire.

Si 2 donnent 800: que donneront 5 ? pour avoir 2000 toises pour la portée de la pièce au cinquième point. Où il faut remarquer qu'au lieu des points qui

qui sont au-dessus du sixième comme le septième, le huitième, le neuvième, le dixième & l'onzième; il faut, pour faire les règles de trois, prendre ceux qui leur répondent au dessous du même sixième, comme le cinquième au lieu du septième, le quatrième au lieu du huitième, le troisième au lieu du neuvième, le second au lieu du dixième & le premier au lieu de l'onzième.

Car, comme nous avons dit, les portées des points également éloignées du sixième sont égales, comme celles du septième égales à celles du cinquième, celles du huitième égales à celles du quatrième, celles du neuvième à celles du troisième, & ainsi des autres.

Si vous voulez savoir sur la même supposition, à quel point vous devez élever votre pièce pour lui donner une portée de 1500 toises; il faut faire votre règle de trois en cette manière.

Si 800 donnent 2 : que donneront 1500 ? Et vous aurez  $3\frac{3}{4}$ ; c'est-à-dire trois points & 9 minut. au-dessous du sixième, ou huit points & 3 minut. au-dessus, & ainsi du reste.

LIV. II.  
CHAP.  
I.

Par  
l'Equer-  
re des  
Cano-  
niers re-  
ctifiée.

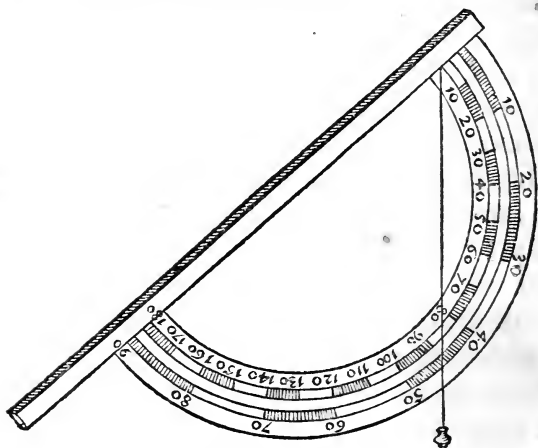
CHA-

*Par le demi cercle de Torricelli.*

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Par le  
demi  
cercle  
de Tor-  
ricelli.

**V**Oici encore un autre instru-  
ment composé pour le même  
effet. C'est un demi cercle divisé sur  
son bord intérieur en 180 degrés à  
l'ordinaire, & seulement en 90 par-  
ties sur celui de dehors, dont le dia-



metre est prolongé par un bout ; & à  
l'autre, par lequel la division se com-  
mence, il y a un plomb attaché à un  
filet qui marque sur le bord extérieur  
du demi cercle les degrés de l'angle  
de

de l'élévation de la pièce lors-que l'on met dans l'ame le bout du diametre prolongé, & les dégrez qui leur répondent sur le bord intérieur, sont ceux dont il faut prendre les sinus.

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Par le  
demi  
cercle de  
Torri-  
celli.

Son usage est assez prompt, car comme dans cet instrument les sinus des dégrez qui répondent à ceux des angles de l'élévation de la pièce sont en même raison que l'étendue des portées; après avoir mesuré exactement l'une des mêmes portées suivant un certain angle d'élévation; pour avoir l'étendue d'une autre suivant un autre angle, il ne faut que faire une règle de Trois dont le premier terme doit être le sinus des dégrez répondans à ceux de l'angle sur lequel s'est fait l'expérience; le second terme doit être le sinus des dégrez répondant à ceux de l'angle proposé; le troisième doit être l'étendue de la portée connue en mesures par l'expérience; & le quatrième sera l'étendue que vous cherchez. Comme si vous avez trouvé par une expérience

LIV. II. tres-exacte que l'étendue de la por-  
 CHAP. tée de vôtre pièce élevée par exem-  
 II.

Par le ple sous un angle de 30 dégr. ait été de  
 demi 1500 toises: pour savoir à combien de  
 cercle toises elle portera lors-que vous l'êlev-  
 de Tor- verrez seulement sous un angle de 20.  
 ricelli. dégrez ? Parce que les dégrez qui ré-  
 pondent, sur le bord interne de l'E-  
 querre à ceux de l'élévation de 30 dé-  
 grez sont 60 dégr. qui ont 8660 pour  
 sinus, & ceux qui répondent à l'élé-  
 vation de 20 dégrez sont 40 dégrez  
 qui ont pour sinus 6427: je fais ma  
 règle en cette manière:

Si 8660 donnent 6427 que donne-  
 ront 1500 ? Et j'aurai près de 1114  
 toises pour l'étendue de la portée que  
 l'on demande.

Ainsi pour savoir quelle sera la plus  
 grande portée de la pièce, c'est-à-dire  
 lors-qu'elle sera élevée à l'angle de 45  
 dégr. qui ont pour répondans 90 dégr.  
 dont le sinus est 10000: je fais ainsi:

Si 8660 donnent 10000 que don-  
 neront 1500 ? pour avoir environ  
 1732 toises pour la plus grande por-  
 tée que l'on recherche. Mais



Mais si l'on veut sur la même hypothèse, savoir à quel angle il faut élever la pièce ou le mortier pour le faire porter à une distance proposée, pourvû qu'elle n'excède point celle à laquelle la pièce élevée à l'angle de 45 degrés peut porter; il faut faire une autre règle de trois, dont le premier terme sera l'étendue de la portée de la pièce connue en mesures par l'expérience que l'on en a faite; le second terme sera l'étendue de la portée que l'on propose; & le troisiéme doit être le sinus des degrés répondans à ceux de l'élévation sous laquelle on a fait l'expérience; afin que par la règle on ait pour quatrième terme, le sinus des dég. décrits dans le bord intérieur de l'Équerre, dont les répondans sur le bord de dehors sont ceux de l'élévation que l'on demande.

Comme si l'on désire savoir à quel angle il faut élever la pièce pour la faire porter à la longueur de 1200 toises, supposé qu'elle ait chassé à

LIV. II. celle de 1500 toises sous l'élévation de  
 CHAP. 30 degrés qui ont 60 degrés pour ré-  
 II. pondans sur le bord intérieur de l'E-  
 Par le querre, dont le sinus est 8660. Je fais  
 demi cercle de ma règle de trois en cette manière.  
 Torricelli.

Si 1500 donnent 1200: que donneront 8660? Et j'aurai pour quatrième terme 6928 sinus de l'angle de 43 degrés 51 min. qui ont pour correspondant sur le bord extérieur de l'Equerre 2156' qui sont ceux de l'élévation que l'on demande; aussi bien que 684'. qui sont leur complément à l'angle droit.

Si par la règle vous trouviez que votre quatrième terme fut un nombre plus grand que ceux qui sont contenus dans la Table des sinus, c'est-à-dire plus grand que celui que vous auriez pris pour sinus total; ce seroit une marque que la distance proposée seroit plus grande que celle à laquelle elle peut porter avec la même charge. Comme si l'on demandoit à quel angle elle devroit être élevée pour la faire chasser à la longueur de 1800  
 toi-

toises ? faisant la règle de trois comme nous l'avons enseignée, l'on trouveroit pour quatrième terme ce nombre 10392 ; lequel étant plus grand que celui de 10000 qui est sinus total dans cette hypothèse où le sinus de 60 degrés est 8660 ; fait voir que la pièce ne peut pas chasser à cette distance : ce qui est conforme à ce que nous avons fait voir ci-devant , que sa plus grande portée qui est sous l'angle de 45 degrés n'étoit que d'environ 1732 toises.

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Par le  
demi  
cercle de  
Torri-  
celli.

### CHAPITRE III

*Par un autre instrument sans le besoin des sinus.*

Toutes ces pratiques sont faciles & assurées : mais comme il y faut avoir incessamment recours à la Table des sinus, qu'il seroit peut-être difficile d'avoir toujours présente ; le même Torricelli a recherché le moyen de s'en passer ajoutant diverses lignes dans l'Equerre dont nous venons d'enseigner la description & l'usage. Voici donc ce qu'il fait.

CHAP.  
III.

Par un  
autre  
instru-  
ment  
sans le  
besoin  
des si-  
nus.

LIV. II.  
CHAP.  
III.

Par un  
autre in-  
strument  
sans le  
besoin  
des sinus.

Il se contente de la division du bord extérieur du demi cercle en 90 dég.; & ayant mené un rayon perpendiculaire au diamètre, il le divise en un tres grand nombre de parties égales, comme par exemple en p. 200; qu'il commence à conter du centre du demi cercle. En-suite de chaque degré marqué dans son bord, il tire des droites, qu'il appelle des guides, paralleles au diamètre qui passent au travers de ce rayon divisé, & vont répondre aux degrés qui sont les complemens à l'angle droit de ceux d'où elles sont parties; c'est-à-dire que la droite tirée par exemple du 10 degré, tombe sur le 80; & celle qui vient du 20 tombe sur le 70. Et ainsi des autres.

Maintenant comme les portions du rayon divisé contenuës entre chacune des guides & le centre du demi cercle, sont égales aux sinus du double des angles d'où les guides ont été tirées, il ne faut que prendre le nombre des parties égales du rayon divisé comprises entre le centre & les guides.

&

& s'en servir pour termes des règles de  
trois au lieu des sinus.

LIV II.  
CHAP.  
III.

Comme dans la même suppositi-  
on; parce que la guide du 30 degré cou-  
pe le rayon de telle sorte qu'il y a 173  
parties égales jusqu'au centre; & celle  
du 20 degré le coupe où il y en a 128<sup>1</sup>.

Par un  
autre in-  
stru-  
ment  
sans le  
besoin  
des si-  
nus.

Pour savoir quelle sera la portée de  
la pièce élevée au 20 degré, suppo-  
sé qu'au 30 elle ait chassé à la longueur  
de 1500 toises, je fais ma règle de  
trois en cette manière.

Si 173 donnent 1500 toises, que don-  
neront 128<sup>2</sup>? & j'aurai les mêmes 1114  
toises pour la portée de la pièce à l'é-  
lévation proposée de 20 degrés.

Ainsi pour connoître sur la même  
hypothèse la plus grande portée de la  
pièce, c'est-à-dire lors-qu'elle est é-  
levée à l'angle de 45 degrés qui a le  
rayon entier ou les 200 parties sous sa  
guide; je fais ma règle de trois en  
cette sorte.

Si 173 donnent 1500 toises: que  
donneront 200? Pour avoir toujours  
à peu près les mêmes 1732 toises.



# LES BOMBES, II. PARTIE. III

il faudroit disposer les termes de la règle de Trois en cette manière.

LIV II.  
CHAP.  
III.

Si 1500 toises donnent 173 parties :  
que donneront 1200 ? pour avoir  
138 $\frac{1}{2}$  parties sur lesquelles tombe la  
Guide de l'angle 21 degré 56' & de  
son complément à l'angle droit 68  
dég. 4'. qui sont les angles de l'éléva-  
tion que l'on doit donner à la pièce  
pour la faire chasser à la distance pro-  
posée de 1200 toises.

Par un  
autre in-  
stru-  
ment  
sans le  
besoin  
des si-  
nus.

L'on peut par la même règle con-  
noître si la distance proposée est dans  
les termes de la portée de la pièce ;  
car si les nombres des parties qui  
viennent pour quatrième terme de la  
règle de Trois , excèdent 200 c'est-  
à-dire le nombre de parties contenuës  
dans le rayon divisé ; l'on pourra dire  
que la pièce ne sauroit porter avec la  
même charge à la longueur que l'on  
a proposé.

Comme si l'on demandoit l'angle  
de l'élévation de la pièce pour la faire  
porter à la longueur de 1800 toises ?  
En faisant ainsi la règle de Trois.

Si

LIV. II. Si 1500 donnent 173 : que donne-  
 CHAP. ront 1800 ?  
 III.

Par un Je trouve qu'il me vient pour qua-  
 autre in- trième terme  $207\frac{3}{4}$  parties, qui sur-  
 stru- passent les 200 parties contenuës dans  
 ment le rayon divisé ; & qui me font con-  
 sans le noître que la pièce nè peut pas porter,  
 besoin des sinus. à cette distance. C'est ce qui convient  
 à ce que nous avons dit ci-devant, fai-  
 sant voir que sa plus grande portée est  
 seulement de près de 1732 toises.



Pratiques des jets dont l'étendue n'est pas au niveau des batteries.

**N**Ous ajouterons ici diverses pratiques pour la résolution de plusieurs cas différens de ceux que nous avons expliqués & qui peuvent arriver sur le même sujet, & premièrement.

---

#### CHAPITRE PREMIER.

*Portée de but en blanc d'une pièce élevée au-dessus du plan horizontal.*

**P**OUR savoir à quelle distance d'un plan horizontal, une pièce pointée du but en blanc & posée au dessus du niveau du même plan, pourra porter ? Comme dans cette figure où la ligne de niveau de la campagne est AK sur laquelle la pièce est élevée de la hauteur perpendiculaire AB : pour connoître le point C dans la droite AK où le boulet arrivera partant de la pièce en B pointée du but en

CHAP. I.  
Portée de but en blanc d'une pièce élevée au-dessus du plan horizontal.

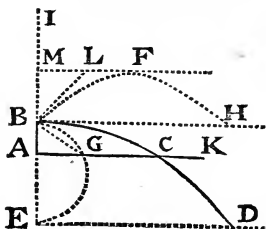
en

LIV. III. en blanc, c'est-à-dire suivant la direction horizontale B H?

CHAP. I.

Portée de but en blanc d'une pièce élevée au dessus du plan horizontal.

Comme je suppose que l'on connoisse la plus grande portée de la pièce sous l'élévation de 45 degrés qui soit par ex-



emple B H, & la hauteur A B ; je multiplie la moitié de B H par A B, & le double de la racine quarrée du produit, me donne la longueur sur le plan horizontal A C que je cherche. Comme si la hauteur perpendiculaire A B, étoit par exemple de 15 piés c'est-à-dire de  $2\frac{1}{2}$  toises, & la plus grande portée de 1732 toises ; je multiplie 866 moitié de 1702 par  $2\frac{1}{2}$ , & du produit 2165 je prens la racine quarrée 46 dont le double 92 toises est la longueur A C demandée. Dans la même hypothèse si la hauteur perpendiculaire A B étoit de 30 piés, c'est-à-dire 5 toises, je multiplie-

plerois 866 moitié de la plus grande portée par 5 & du produit 4330, je prendrois la racine quarrée 65, dont le double 130 toises me feroit la longueur demandée A C.

LIV. III.  
CHAP.  
I.

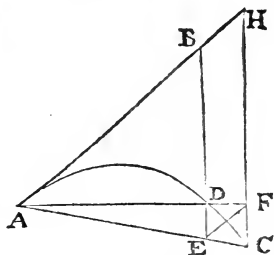
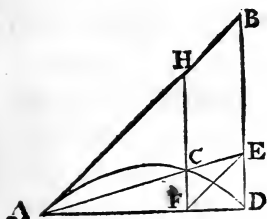
CHAPITRE II.

*Portée sur un plan incliné d'une pièce pointée sous un angle donné.*

CHAP.  
II.

Portée  
sur un  
plan  
incliné  
d'une  
pièce  
pointée  
sous un  
angle  
donné.

Pour savoir à qu'elle distance d'un plan incliné au dessus ou au dessous de l'horizon, le boulet d'une pièce pointée sous un angle donné, touchera? Comme dans cette figure. Pour connoître à quel point du



plan A E incliné au dessus ou au dessous de l'horizon AF, arrivera le boulet

LIV. III. let d'une pièce ou d'un mortier poin-  
 CHAP. té suivant l'angle de l'inclination DA  
 II.

Portée B : il faut faire deux règles de Trois ?

sur un  
 plan in-  
 cliné  
 d'une  
 pièce  
 pointée  
 sous un  
 angle  
 donné.

La première pour trouver la longueur horizontale A F en faisant que comme *la tangente de l'angle* de l'inclination de la pièce D A B est à *la tangente de l'angle* de l'inclination du plan D A E ; ainsi l'amplitude A D de la parabole A C D trouvée par les tables, soit à une autre, qui sera la longueur D F ; laquelle étant ôtée de la même amplitude si le plan est incliné sur l'horizon, ou étant ajoutée s'il est au-dessous, donne la longueur horizontale A F

Par la seconde règle de Trois, l'on trouve la longueur A C, car comme le sinus total est à la sécante de l'angle du plan D A E, ainsi A F est à A C. La hauteur perpendiculaire C F se trouve avec la même facilité ; car comme le sinus total est à la tangente du même angle du plan D A E, ainsi A F est à C F.

Com-

Comme si l'angle de l'inclina-  
 tion du plan D A E au-dessus ou au-  
 dessous de l'horizon est de 25 dégr., &  
 l'angle de l'inclination de la pièce  
 D A B de 43 dégrez. Supposant que  
 la plus grande portée sous l'Angle de  
 45 dégrez soit de 1732 toises ; sa  
 portée sous l'angle de 43 dégrez sera  
 de 1647 ; & partant disposant nôtre  
 première règle de Trois en sorte que  
 comme 93252 tangente de 43 dé-  
 grez, est à 46631 tangente de 25 dé-  
 grez ; ainsi 1647 qui est l'amplitude  
 A D est à 823½ qui est la longueur  
 D F : laquelle étant ôtée du nombre  
 1647 qui est A D donne aussi 823½  
 pour la longueur horizontale A F si  
 le plan est incliné au-dessus de l'ho-  
 rizon, ou bien étant ajouté à la même  
 amplitude 1647 donne 2470 pour la  
 même longueur si le plan est incliné  
 sous l'horizon.

Maintenant si je fais que comme  
 100000 sinus total est à 110338 fé-  
 cante de l'angle du plan F A C, ainsi  
 A F longueur horizontale du plan  
 incli-

LIV. III.  
 CHAP.  
 II.

Portée  
 sur un  
 plan in-  
 cliné  
 d'une  
 pièce  
 pointée  
 sous un  
 angle  
 donné.

LIV. III.  
CHAP. II.

incliné  $\left\{ \begin{array}{l} \text{sur l'horizon } 823\frac{1}{2} \\ \text{sous l'horiz. } 2470 \end{array} \right\}$  est à un

Portée autre; j'aurai pour la longueur du plan

sur un  
plan in-  
cliné

d'une  
pièce  
pointée

sous un  
angle  
donné.

incliné A C  $\left\{ \begin{array}{l} \text{sur l'horizon } 908 \text{ to. } \} \\ \text{sous l'horiz. } 2725 \text{ to. } \} \end{array} \right.$

Ainsi faisant que comme le sinus total 100000 est à 46631 tangente du même angle F A C ; ainsi la même longueur horizontale A F du

plan incliné  $\left\{ \begin{array}{l} \text{sur l'horizon } 823\frac{1}{2} \\ \text{sous l'horiz. } 2470 \end{array} \right\}$  est

à un autre ; j'aurai pour la hauteur perpendiculaire C F

$\left\{ \begin{array}{l} \text{sur l'horizon } 384 \text{ toises. } \} \\ \text{sous l'horizon } 1151 \text{ toises. } \} \end{array} \right.$

En la même manière si nous supposons que l'angle de l'inclination du plan F A C soit de 15 dégr. au dessus ou au dessous de l'horizon : celui de l'inclination du mortier F A B de 32 dégrez ; & la plus grande portée de la bombe à 45 dégr. de 600 toises, qui par conséquent à 32 dégrez donnera 539 to. : si je fais que comme 62487 tangente de l'angle de 32 dégrez est à 26795 tangente de l'angle F A C de

15 degréz ; ainsi l'amplitude A D  
539. to. est à une autre ; J'aurai 229  
pour la longueur F D, qui dans le  
cas que l'inclination soit

{ sur l'horizon étant ôté de } 539, donne { 310 }  
{ sous l'horiz. étant ajoutée à } { 768 }  
pour la longueur horizontale A F.

Maintenant si je fais que comme  
le sinus total 100000 est à 103528 sé-  
cante de l'angle F A C de 15 degréz ;

ainsi A F { 310 sur l'horizon } est à  
{ 768 sous l'horizon }

un autre ; j'aurai pour la longueur du  
plan incliné A C { 321 to. sur } l'ho-  
{ 795 to. sous }

rizon. Et si je fais que comme le si-  
nus total 100000 est à 26795 tangen-  
te du même angle de 15 degréz ; ain-

si A F { 310 sur } l'horizon, est à un  
{ 770 sous }

autre ; j'aurai pour la hauteur perpen-  
diculaire C F { 83 to. sur } l'horiz.  
{ 206 to. sous }

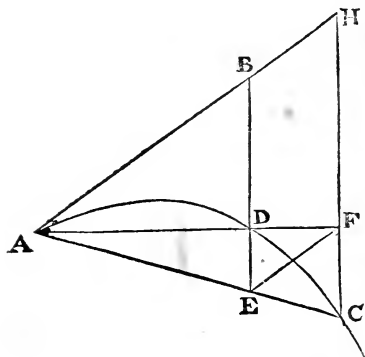
LIV. III.  
CHAP.  
II.

Portée  
sur un  
plan in-  
cliné  
d'une  
pièce  
pointée  
sous un  
angle  
donné.

*Trouver l'angle de l'élevation de la pièce.*

Trou-  
ver l'an-  
gle de  
l'éleva-  
tion de  
la pièce.

Cette pratique est de Torricelli qui n'a rien dit de la converse de sa proposition qui est beaucoup plus difficile. C'est-à-dire lors-que la longueur & l'inclination d'un plan étant donnée au-dessus où au-dessous du niveau d'une batterie, l'on veut sa-voir à quel degré il faut élever sa pié-



ce ou  
son  
mor-  
tier  
pour  
la fai-  
re  
chaf-  
fer à  
cette  
lon-

gueur ? Comme si l'angle  $FAC$  & la longueur  $AC$  étant donnez, & par-  
conséquent la hauteur perpendiculai-  
re  $FC$  & la longueur horizontale  $AF$ ;  
l'on



l'on demande quel doit être l'angle FAB, suivant lequel la pièce ou le mortier doit être dressé pour faire passer le boulet ou la bombe par le point C.

LIV. III.  
CHAP.  
III.  
Trou-  
ver l'an-  
gle de  
l'éléva-  
tion de  
la pièce.

En voici diverses règles dont je nommerai les Auteurs dans la troisième partie de ce discours, lors-que j'expliquerai les propositions d'où les règles ont été tirées.

#### CHAPITRE IV.

##### *Première Pratique par les sinus.*

1. **D**ivisez le carré de la moitié de la longueur horizontale AF par la hauteur perpendiculaire CF, ajoutez au Quotient le quart de la plus grande portée. En-suite faites que comme ce quart est à cette somme, ainsi le sinus de l'angle du plan FAC soit à un autre sinus, dont l'angle étant ajouté à celui de l'inclinaison du plan, donne le double de l'angle de l'élévation de la pièce ou du mortier que l'on demande.

CHAP.  
IV.  
Pre-  
mière  
pratique  
par les si-  
nus.

F

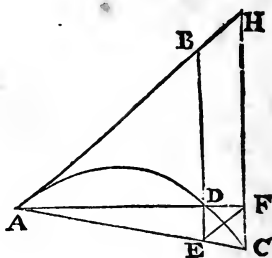
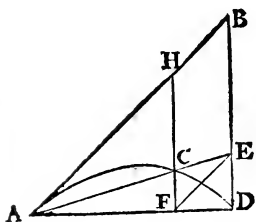
Com-

LIV. III.  
CHAP.  
III.

Trou-  
ver l'an-  
gle de  
l'éléva-  
tion de la  
pièce.

Comme dans l'exemple pris ci-devant, posant que l'angle de l'inclinaison du plan A C au-dessus du niveau des batteries A F est de 15 dégr.; l'élévation perpendiculaire C F de 83 toises; longueur horizontale A F de 310 to.; & la plus grande portée du mortier à l'angle de 45 dégr. de 600 toises. Pour trouver quel angle d'élévation il faut donner au mortier pour faire porter la bombe du point A par exemple dans un château sur une montagne en C ?

Je prends premièrement 155 qui est la moitié de la distance horizontale



AF, dont le quarré 24025 divisé par la hauteur perpendiculaire CF 83, fait au Quotient 289; à quoi j'ajoute 150 qui est le quart de la plus grande portée,

tée, & j'ai 439. Puis je fais que comme ce même quart 150 est à cette somme 439, ainsi 25882 sinus de l'angle FAC de 15 dégr. soit à un autre, c'est-à-dire à 75747 qui est le sinus de 49. 14' & de son complément à deux droits 130. 46'; j'ajoute 15 degrés, à l'un & à l'autre & j'ai 64. 14' & 145. 46' dont les moitiés 32. 7' & 72. 53'. sont les angles de la direction du mortier que l'on recherche. C'est-à-dire qu'élevant le mortier suivant l'un ou l'autre de ces deux angles, la bombe partant du point A avec une force capable de la porter à la longueur de 600 to. sous l'angle de 45 degrés, ira frapper au point C élevé sur l'horizon des batteries à la hauteur de 83 to. & éloigné horizontalement de 310 to.

Trouver l'angle de l'élévation de la pièce.

2. **F**Aites que comme la moitié de la plus grande portée est à la moitié de la distance horizontale, ainsi le sinus total soit à un autre, auquel il faut ajoûter la tangente de l'inclination du plan s'il est incliné sur l'horizon, ou l'ôter s'il est incliné au-dessous. Puis faire que comme le sinus total est au sinus du complement de l'angle du plan, ainsi cette somme ou différence soit à une autre, & vous aurez le sinus d'un angle auquel ajoûtant l'angle du plan l'inclination étant au-dessus, ou l'ôtant si elle est au-dessous, & prenant la moitié de la somme ou de la différence, vous aurez l'angle de la direction du mortier que vous cherchez.

Comme dans la même hypothèse si le plan est incliné sur l'horizon : multipliant 155 moitié de la distance horizontale A F par le sinus droit 100000, & divisant le produit

15500000



LIV. III. Et le reste est 24865, que je multiplie  
 CHAP. par les mêmes 96593 sinus de 75 dégr.  
 V. complement de l'angle du plan FA  
 Secon- C; dont le produit 2402364503 doit  
 de prati- être divisé par le sinus total 100000,  
 que par les sinus. & le Quotient 24023 est sinus de l'an-  
 gle de 13. 54', & de son complement  
 à deux droits 166. 6'. Enfin ôtant 13.  
 54'. de 1 dégr., & 15 dégr. de 166. 6'.  
 Il vient 1. 6' sous l'horizon, & 151.  
 6' au-dessus; dont les moitiés savoir  
 33' sous l'horizon & 75. 33' au-dessus,  
 sont les angles de la position que l'on  
 recherche. C'est-à-dire qu'élevant le  
 mortier suivant la direction de 75. 33'  
 sur l'horizon, ou l'abaissant suivant  
 celle de 33' au-dessous, la bombe par-  
 tant du point A, ira frapper au point  
 C abaissé sous le niveau de la batterie  
 de la hauteur perpendiculaire F C.

## CHAPITRE VI.

*Troisième pratique par les sinus.*

3. **M**ultipliez le sinus du complément de l'angle du plan par la distance horizontale, & divisez le produit par la plus grande portée; le Quotient fera un nombre auquel ajoutant celui de la même inclination si elle est sur l'horizon, ou l'ôtant si elle est dessous; l'on aura le sinus d'un angle auquel il faut ajouter ou ôter l'angle de l'Inclination du plan, & prendre la moitié de la somme ou de la différence pour avoir celui de la position du mortier que l'on demande.

LIV. III.  
CHAP.  
VI.  
Troisième  
pratique  
par les  
sinus.

Comme si je multiplie 96593 sinus de 75 dégr. complément de l'inclination du plan sur l'horizon, par 310 longueur horizontale; & divisant le produit 29943830 par 600 de la plus grande portée, j'ajoute au Quotient 49906 le sinus de la même inclination 25882, il viendra 75788 qui est le sinus de l'angle de 49. 16' & de son

LIV. III.  
CHAP.  
VI.

Troisième  
pratique  
par les  
sinus.

complement à deux droits  $130^{\circ} 44'$ , à quoi ajoûtant  $15^{\circ}$  dégr. de l'élevation du plan, j'ai  $64. 16'$ , &  $145. 44'$ , dont la moitié qui est  $32. 8'$  &  $75. 52'$  sont les angles de l'élevation que je dois donner au mortier.

Si le plan avoit été incliné sous l'horizon, j'aurois ôté du même nombre  $49906$  le même sinus  $25882$ , & le reste n'auroit donné  $24024$  sinus de l'angle de  $13. 54'$  & de son complement à deux droits  $166. 6'$ ; ainsi ôtant  $13. 54'$  de  $15^{\circ}$  dégr., &  $15^{\circ}$  dégr. de  $166. 6'$ : il vient  $1. 6'$  sous l'horizon &  $151. 6'$  au-dessus, dont la moitié  $33'$  sous l'horizon &  $75. 33'$  au-dessus, sont les angles de position demandez.

## CHAPITRE VII

### *Quatrième pratique par les sinus.*

CHAP.  
VII.

Quatrième  
pratique  
par les  
sinus.

SI le plan est incliné sur l'horizon, ôtez de la plus grande portée la hauteur perpendiculaire, & multipliez le reste par la même hauteur; puis ayant divisé le produit par la





LIV. III. AC incliné de 15 dégr. sur le niveau de  
CHAP. la batterie ; supposant la plus grande  
VII.

Qua- portée du mortier de 600 to. après a-  
trième voir ôté la hauteur FC 83 to. de 600 ;  
pratique je multiplie le reste 517 par FC 83 ; &  
par les si- je divise le produit 42911 par AC 320,  
nus. pour avoir 134 au quotient , que j'ôte  
de AC 320, puis je prens la moitié du  
reste 186 qui est 93 que j'ajoute au quo-  
tient 134, & j'ai 227. En-suite je fais  
que comme 227 est à 300 moitié de  
la plus grande portée, ainsi 100000 si-  
nus total est à un autre ; & j'aurai  
132158 sécante de l'angle de 40. 50'  
auquel ajoûtant ou ôtant l'angle du  
plan de 13 dégr., il vient 55, 50', & 25.  
50' qu'il faut ôter ou ajoûter à 90 dé-  
grez pour avoir 43. 10' & 115. 50 dont  
les moitiés sont 57. 5' & 57. 55', qui  
sont les complemens de 72. 58' & 32.  
5' angles de la position du mortier que  
l'on demande.

Si l'inclination du plan est sous  
l'horizon ajoûtez la plus grande por-  
tée à la hauteur perpendiculaire &  
multipliez la somme par la même hau-

hauteur : puis ayant divisé le pro- LIV. II.  
 duit par la longueur du plan incliné, CHAP.  
 ajoutez le Quotient à la même lon- VII.  
 gueur & ôtez le même Quotient de Qua-  
 la moitié de la somme; en-suite fai- trième  
 tes que comme ce reste est à la moi- pratique  
 tié de la plus grande portée, ainsi par le si-  
 le sinus total est à un autre, qui se- nus.  
 ra la sécante d'un angle, duquel  
 ôtant ou ajoutant l'angle du plan,  
 il vient un autre angle qu'il faut ô-  
 ter ou ajouter à l'angle droit; & le  
 reste où la somme est le double du  
 complement de l'angle que l'on re-  
 cherche.

Comme dans la même hypothèse,  
 il falloit tirer dans quelque endroit au  
 fonds d'une vallée en C abailé sous le  
 niveau de la batterie A F de la hau-  
 teur perpendiculaire F C 83 to. à la  
 distance de 320 toises sur le plan AC  
 incliné de 15 degrés, supposant tou-  
 jours la plus grande portée de 600 toi-  
 ses. Ayant ajouté la plus grande por-  
 tée 600 à la hauteur perpendiculaire  
 83; je multiplie leur somme 683 par la



LES BOMBES, II. PARTIE. 133  
 7' dont la moitié est  $14.26\frac{1}{2}$ , & 90. LIV. III.  
 $33\frac{1}{2}$ , complemens de  $75.33\frac{1}{2}$ , sur CHAP.  
 l'horizon, & de  $33\frac{1}{2}$  au-dessous, VII.  
 pour la position du mortier que l'on  
 demande.

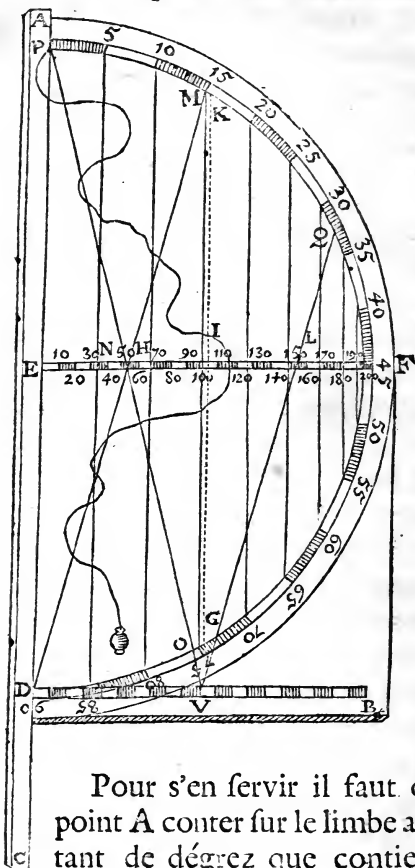
## CHAPITRE VIII.

### *Cinquième Pratique par le demi cercle de Torricelli rectifié.*

IL y a des instrumens qui peuvent CHAP.  
 sans s'embarasser de tant de calcul, VIII.  
 donner les mêmes angles. Le pre- Cin-  
 mier est le demi cercle de Torricelli quatri-  
 A F D que nous avons expliqué ci- me  
 devant avec les divisions tant des 90 pratique  
 degrés autour du limbe entier à par le de-  
 commencer du point A, que d'un grand mi cercle  
 nombre de parties égales sur le de- de Tor-  
 diamètre perpendiculaire E F, il ne ricelli re-  
 faut qu'y ajouter en bas au point D, ctifié.  
 une touchante D B égale à E F &  
 divisée en la même manière, & a-  
 voir, outre le plomb pendant en A,  
 un filet qui puisse couler au long  
 de la droite D B & s'étendre de là

LIV. III. sur toutes les parties du demi cercle.  
CHAP.

VIII.

Cinquième  
pratique  
par le de-  
mi cercle  
de Torri-  
celli re-  
ctifié.

Pour s'en servir il faut du point A conter sur le limbe autant de degrés que contient l'angle de l'inclination du plan comme

me de A en M ; & appliquant le filet de D en M coupant la droite E F en H, conter combien il y a de parties entre E & H. En-suite il faut prendre sur D B la droite D V & son égale E I sur E F ; de sorte que D B soit à D V, comme la plus grande portée est à la distance horizontale donnée, & constant de I en L vers le point F, (si l'inclination est sur l'horizon ; ) ou de I en N vers E ( si elle est au-dessous, ) autant de parties qu'il y en a de E en H, dresser le filet de V par les points L ou N, qui touchera le cercle s'il n'y a qu'une solution ; ou le coupera en deux points, comme G, Q ou O, P ; s'il y en a deux, ou ne le rencontrera point du tout, si le probleme est impossible. Et les points de la rencontre G : Q : ou O : P : seront ceux que l'on recherche : en sorte que mettant le grand bras D C dans l'ame du mortier & le dressant de manière que le plomb pendant en A tombe sur G : Q : ou O : P : la Bombe sera portée au point où l'on veut qu'elle aille.

LIV. III.  
CHAP.  
VIII.

Cinquième  
pratique  
par le demi  
cercle de Tor-  
ricelli re-  
ctifié.

Com-

LIV. III.  
CHAP.  
VIII.

Cin-  
quième  
pratique  
par le  
demi  
cercle  
de Tor-  
celli  
rectifié.

Comme dans nôtre exemple sup-  
posé que l'angle de l'inclination du  
plan soit de 15 dég, la distance hori-  
zontale de 310 toises, la plus grande  
portée de 600 to., & les droites EF  
& DB partagées en 200 parties. Il  
faut premièrement prendre 15 dég.  
depuis A jusqu'en M & menant le fi-  
let DHM remarquer qu'il y a 53 p.  
depuis E jusqu'en H sur la droite EF;  
en-suite si l'on fait que comme la plus  
grande portée 600 to., est à la distan-  
ce horizontale 310 to., ainsi la lig-  
ne EF 200 p. est à une autre; l'on au-  
ra DV & EI de 103 p., auxquelles  
ajoutant IL de 53 p., (si l'inclination  
est sur l'horizon,) l'on aura EL de  
156 p.; & passant le filet du point V  
par L, il coupera le demi cercle aux  
points Q de 32 dégrez & G de 73 qui  
sont les angles de la position du mor-  
tier que l'on demande, mettant le  
bras de l'Equerre DC dans l'ame &  
élevant le mortier en-sorte que le  
plomb pendant en A tombe sur les  
points de 32 ou de 73 dégrez.

Si



Si l'inclination du plan étoit sous l'horizon, il auroit falu ôter la droite E H ou I N 53 p. de la ligne E I 103 p., afin d'avoir E N. de 50 p. ; puis faire passer le filet du point V par le point N, qui auroit coupé le demi cercle au point O 75  $\frac{1}{2}$  dégr & au point P.  $\frac{1}{2}$  degré au delà de la droite A D. Ce qui fait voir que les angles de la position du mortier sont en ce cas de 75  $\frac{1}{2}$  dégr. sur l'horizon & d'un demi degré au-dessous. C'est-à-dire que le bras D C étant mis dans l'ame du mortier, il faut le hauffer en-sorte que le plomb tombe sur le point O de 75. 30', ou l'abaisser de manière que le même plomb coupe le demi cercle prolongé au delà du diametre A D au point P à la distance d'un demi degré depuis le point A.

LIV. III.  
CHAP.  
VIII.  
Cin-  
quième  
pratique  
par le de-  
mi cercle  
de Torri-  
celli re-  
ctifié.

## LIV. IV. LIVRE QUATRIE'ME.

## Pratique Universelle.

## CHAPITRE PREMIER.

*Construction d'un instrument pour toutes  
sortes de jets.*

## CHAP.

## I.

Con-  
struction  
d'un in-  
strument  
pour  
toutes  
sortes de  
jets.



Oici encore un autre instru-  
ment qui n'est pas moins in-  
génieux que celui de Torri-  
celli, & qui peut servir pour  
toutes sortes de portées, soit qu'on les  
demande dans l'étendue du niveau  
des batteries, soit qu'on veuille les fai-  
re porter sur des plans élevez ou a-  
baisséz au-dessus ou au-dessous du  
même niveau.

C'est un quarré A B C D dont l'un  
des côtez comme A B porte à l'un des  
bouts comme A le plomb attaché à  
un filet, l'autre B est prolongé vers E,  
afin que la branche B E puisse entrer  
dans l'ame du Canon ou du mortier.  
Le même côté A B est le diametre  
du

du demi cercle A H B dont le centre est en F & qui doit être premièrement divisé en 90 parties égales, ainsi que celui de Torricelli, à commencer du point A sur un des limbes; & sur l'autre, chaque quart de cercle HA & HB doit être aussi divisé en 90 degrés à commencer du point H. Le demidia-  
 metre perpendiculaire F H continué jusqu'en G, en-sorte que HG soit égale à F H, doit être aussi partagé en un tres-grand nombre de parties égales à commencer du point F; & l'on fait passer, par chacun de ses points, des Guides paralleles au diametre A B & traversant jusqu'aux deux côtez opposez AC : BD : qui par ce moïen se trouveront divisez comme la droite F G. Il faut enfin qu'il y ait un filet attaché au centre F. Voilà tout ce qu'il faut pour sa construction.

LIV. IV.  
 CHAP.  
 I.

Con-  
 struction  
 d'un in-  
 strument  
 pour  
 toutes  
 sortes de  
 jets.

Son usage  
pour les  
portées  
qui sont  
au ni-  
veau des  
batterie-  
s.

*Son usage pour les portées qui sont au  
niveau des batteries.*

L'Usage en est tel. Si connoissant la portée d'un Canon ou d'un mortier sous un angle donné, l'on veut savoir quelle sera celle de la même pièce sous un autre angle? il faut mettre la pointe du compas simple sur les degrés du premier angle donné, marquez sur le limbe qui commence du point A, & l'ouvrant de la grandeur du demi diamètre du même limbe, le tourner sur la droite F G & remarquer à quel nombre de parties il répond vers le point G. ; il en faut ensuite faire autant sur les degrés du second angle : car les parties de la droite F G coupées par le premier angle sont aux parties coupées par le second, comme l'étendue de la portée connue sous l'élévation du premier angle, est à celle que l'on cherche sous l'élévation du second.

Com-

Comme si le côté F G étant divisé en 400 parties, l'on propose quelle sera la portée d'un mortier élevé de 40 degrés, supposé qu'il ait chassé à la longueur de 400 to. sous l'élévation de 21 dégr. ? Il faut ouvrir le compas de la grandeur du demi diamètre F A, & l'aïant posé sur le bord du demi cercle au point de 21 degrés, le tourner du côté de G sur la droite F G, & remarquer à quel point il répond de la même ligne, qui sera dans cet exemple au point 266. En-suite ayant posé la pointe du compas sur le point de 30 degrés, il faut voir où il coupe la même F G qui doit être au point 346. Enfin il faut faire que comme 266 est à 346, ainsi la portée du mortier donnée de 400 toises sous l'angle de 21 degrés est à un autre ; & l'on aura peu plus de 520 toises pour la portée du même mortier, élevé sous l'angle de 30 degrés.

Si posant la portée de 400 toises sous l'élévation de 21 dégr. l'on vouloit savoir à quel angle il faudroit l'élever

LIV. IV.  
CHAP.  
II.

Son usage pour les portées qui sont au niveau des batteries.

LIV. IV. lever pour chasser à 520 to. ? Ayant  
 CHAP. mis la pointe du compas sur 21. dégr.,  
 II. & vû qu'il coupe 266 parties sur la  
 Son u- droite FG, il faut faire que comme la  
 sage portée de 400 to. est à celle de 520 to.  
 pour les ainsi 266 soit à un autre ; & il viendra  
 portées qui sont au ni- 346. au point duquel sur la droite G  
 veau des F il faut mettre la pointe du compas  
 batte- toujours ouvert de la grandeur du de-  
 riés. mi diamètre FA, & voir où il cou-  
 perera le demi cercle comme aux points  
 30 & 60. Qui sont les angles de l'é-  
 lévation du mortier pour le faire  
 chasser à la distance de 520 to. , sup-  
 posé qu'il ait porté à celle de 400 to.  
 sous l'élévation de 21 degrés.

### CHAPITRE III.

*Pour les portées qui ne sont pas au niveau  
 des batteries.*

#### CHAP. III.

Pour  
 les por-  
 tées qui  
 ne sont  
 pas au  
 niveau  
 des bat-  
 teries,

**L**A difficulté n'est pas plus grande  
 pour déterminer les portées vers  
 les endroits élévez ou abaissés sous  
 l'horizon ; supposé que l'on connoisse  
 la plus grande portée de la pièce ou du  
 mor-

mortier, l'angle de l'inclination du plan & la distance horizontale, si c'est l'angle de l'élévation du mortier que l'on cherche : ou que l'on connoisse les angles du plan & du mortier avec la plus grande portée, si c'est la distance horizontale, ou la longueur du plan incliné, ou enfin la hauteur perpendiculaire que l'on demande.

LIV. IV.  
CHAP.  
III.

Pour les portées qui ne sont pas au niveau des batteries.

#### CHAPITRE IV.

*Trouver l'élévation de la pièce, quand l'inclination est au-dessus du niveau des batteries.*

**A**U premier cas, il faut faire que comme la plus grande portée est à la distance horizontale donnée, ainsi les parties contenues dans la droite FG, soient à un nombre de parties de la même ligne. En-suite il faut étendre le filet attaché au centre F & le faisant passer par le degré de l'inclination du plan marqué sur le bord du quart de cercle de H vers B ( si l'inclina-

CHAP.  
IV.

Trouver l'élévation de la pièce, quand l'inclination est au-dessus du niveau des batteries.

LIV. IV. nation est au-dessus de l'horizon,) ou  
 CHAP. de H vers A ( si elle est au-dessous, )  
 IV.

Trou- voir en quel point il coupera la Guide  
 ver l'élé- qui passe par le nombre de parties de  
 vation de la droite F G que nous avons mar-  
 la pièce, quées ; car le point sera le centre d'un  
 quand l'inclina- arc de cercle dont le rayon est ce qui  
 tion est au-dessus reste de la même guide depuis ce point  
 du ni- jusqu'au côté B D du quarré, & qui  
 veau des touchera ou coupera le demi cercle  
 batte- en des points qui marqueront les an-  
 ries. gles de la position du mortier que l'on  
 demande.

Comme dans l'exemple que nous  
 avons rapporté ci-devant ; ou nous a-  
 vons supposé la plus grande portée de  
 600 to. , & que le point où l'on veut  
 tirer est dans un plan incliné 15 dég.  
 au-dessus ou au-dessous de l'horizon  
 des batteries à la distance horizontale  
 de 310 to. ; il faut premièrement faire  
 que comme 600 to. est à 310, ainsi 400  
 parties de la droite F G est au nombre  
 206 qui répond au point I sur la mê-  
 me F G , par où il faut entendre que  
 passe la Guide K I O parallele au dia-

me-



mettre A B ; en-suite en faisant passer le filet du point F par Q où il y a 15 dég. depuis H vers B (si l'élévation est sur l'horizon,) remarquer le point L où il coupera la Guide I K ; & ce point L, sera le centre sur lequel mettant la pointe du compas ouvert de l'étenduë L K, & décrivant un arc de cercle, il touchera le demi cercle, si le probleme n'a qu'une solution ; ou le coupera en deux points comme M *m* s'il en a deux ; ou ne le rencontrera point du tout, s'il est impossible ; & les points de la rencontre M *m* marqueront sur le bord intérieur du demi cercle, dont les degrés commencent du point A, les angles de la position du mortier que l'on demande. C'est-à-dire que dans nôtre hypothèse le point M donnera l'angle de 32 dég. & *m* celui de 72 ; sur lesquels il faut que le plomb pendant en A tombe, lors-que le bras B E est au dedans de l'ame du mortier.

LIV. IV.  
CHAP.  
IV.

Trouver l'élévation de la pièce, quand l'inclina-  
tion est au-dessus du niveau des batteries.

MIV. IV.

CHAP.

V

CHAPITRE V.

Trou-  
ver l'éle-  
vation de  
la pièce,  
quand  
l'inclina-  
tion est  
au-dessus  
du ni-  
veau des  
batte-  
ries.

*Trouver l'élévation de la pièce, quand l'in-  
clination est au-dessus du niveau  
des batteries.*

**S**I sur la même supposition, l'in-  
clination du plan étoit au-dessous  
du niveau de la batterie, il faudroit  
prendre l'arc de  $15$  degré de son incli-  
nation du point H vers A comme H  
R, & passant le filet du point F par R,  
voir où il coupe la Guide KIO com-  
me en S, où mettant la pointe du com-  
pas, ouvert de l'étendue SK, faire  
l'arc K P qui coupera le demi cercle  
en P où il y a  $75.30'$ , & en p au delà du  
point A à la distance de  $30'$ , qui sont  
ceux de la position du mortier que  
l'on cherche. De manière que le  
haussant de telle sorte que le bras BE  
étant dans l'ame du mortier, le plomb  
tombe du point A sur  $75.30'$ , où le  
baissant tellement qu'il tombe sur le  
point p au delà du point A de  $30'$ , la  
bombe ira frapper au lieu abaissé sous  
l'horizon comme on le demande.

CHA-

## CHAPITRE VI.

*Trouver la distance horizontale, ou la longueur du plan incliné, ou la perpendiculaire.*

LIV. IV.  
CHAP.  
VI.

Trouver la distance horizontale ou la longueur du plan incliné, ou la perpendiculaire.

**M**Aintenant supposant que l'angle de l'inclination du plan soit toujours de 15 degrés sur le niveau des batteries, la plus grande portée de 600 toises & un angle donné de l'élévation du mortier de 72 degrés. Si l'on veut savoir quelle sera la distance horizontale, ou la longueur du plan incliné, ou même la hauteur perpendiculaire à laquelle la bombe arrivera sur le plan ? Il faut du point Q où répond l'angle du plan sur le limbe des degrés du demi cercle qui commencent au point H, prendre avec le compas la distance  $Qm$ , c'est-à-dire jusqu'au point qui répond sur l'autre limbe à 72 degrés de l'angle donné de l'élévation du mortier, & la rapporter du même point Q sur l'autre côté du demi cercle comme au point M ; puis faisant passer le filet

LIV IV. par les deux points M *m*, voir où il  
 CHAP. coupera le côté B D comme en T ;  
 VI. car B K double de B T donnera la  
 Trou- ver la distance horizontale ou la longueur du plan incliné ou la perpendiculaire.  
 distance horizontale FI de 206 parties;  
 & par conséquent la guide I K & le  
 point L où elle est coupée par le filet  
 FQ; & rapportant les droites FL & IL  
 sur FG, vous trouverez 213 p. pour  
 la longueur du plan incliné FL, & 55  
 p. pour la hauteur perpendiculaire  
 IL. De sorte que faisant que comme  
 les 400 parties de la droite F G sont  
 aux 600 toises de la plus grande por-  
 tée, ainsi les trois nombres de parties  
 206 : 213 : 55 : sont à d'autres ; nous  
 aurons 310 to. pour la distance hori-  
 zontale FI, 320 to. pour l'inclinée FL,  
 & 83 to. pour la hauteur perpendicu-  
 laire I L.

Si le plan étoit incliné sous l'horizon & l'angle de l'élévation du mortier donné de 75. 30', il faudroit mettre le compas sur le point R où répond l'angle du plan sous l'horizon, & l'ayant étendue jusqu'en P. où sont marquées les 75. 30' de l'angle donné

né

né du mortier, le tourner de l'autre côté en  $p$  où il coupe le demi cercle prolongé au delà du point A ; & par les points  $p$  : P : faire passer le filet jusqu'à ce qu'il coupe le côté du quar-  
ré B D comme en T ; car le double de la droite BT pris sur la droite FG, donnera la longueur de la distance horizontale & la Guide qui lui répond, & par conséquent le point S, & la longueur de la distance sur le plan incliné F S, & celle de la hauteur perpendiculaire IS ; qui sur cette hypothèse seront toujours les mêmes, c'est-à-dire que l'on aura 310 to. pour la distance horizontale FI, 83 to. pour la hauteur perpendiculaire sous le niveau de la batterie I S ; & 320 to. pour la longueur du plan incliné F S.

LIV. IV.  
CHAP. VI.

Trouver la distance horizontale, ou la longueur du plan incliné, ou la perpendiculaire.

## LIVRE CINQUIEME.

Application du compas de proportion aux jets des Bombes.

---

## CHAPITRE PREMIER.

*Pour les portées qui sont au niveau des batteries.*

CHAP.  
I.

Usage  
du compas de  
proportion  
pour les  
portées  
qui sont  
au ni-  
veau des  
batte-  
ries.



Eux qui savent bien l'usage du compas de proportion ordinaire, pourront utilement s'en servir pour le jet des Bombes sur toutes sortes de plans, soit qu'ils soient dans le niveau des batteries, soit qu'ils soient inclinés au-dessus ou au-dessous du même niveau, sans avoir besoin d'aucunes tables ni d'aucun autre instrument que d'un compas commun. Car prenant sur la ligne des cordes le double des sinus des angles proposés, l'on pourra leur trouver des proportionnelles sur celle des parties égales.

Ainsi connoissant la portée horizontale d'une pièce ou d'un mortier sui-  
vant

vant la direction d'un angle donné; si l'on veut savoir quelle sera la portée de la même pièce suivant la direction d'un autre angle? il faut premièrement prendre sur la ligne des cordes la longueur de celle du quadruple du premier angle proposé, & la rapporter transversalement sur les parties égales aux points répondans à l'étendue de la première portée; puis prendre sur les cordes la longueur de celle qui répond au quadruple du second angle proposé, & voir du côté des parties égales quels sont les points auxquels cette grandeur peut être appliquée transversalement; car ces seront ceux qui marqueront l'étendue de la seconde portée que l'on demande.

LIV. V.  
 CHAP.  
 I.  
 Usage  
 du com-  
 pas de  
 propor-  
 tion  
 pour les  
 portées  
 qui sont  
 au ni-  
 veau des  
 batte-  
 ries.

Comme dans l'exemple proposé ci-devant où la portée d'une bombe tirée sous l'élévation de 21 dégr. est de 400 to. ; si l'on demande quelle sera celle du même mortier élevé sous l'angle de 30 dégrez? Je prens premièrement sur la ligne des cordes l'é-

LIV. V. tendue de celle de 84 dég. quadruple  
 CHAP. du premier angle proposé de 21 dég.;  
 I. puis prenant le quart des 400 to. sa-  
 voir 100 (à cause que le nombre des  
 parties égales n'est ordinairement  
 que de 200 sur le compas de propor-  
 tion, ) j'applique transversalement  
 aux points 100.100: des parties égales  
 l'étendue de la corde que j'ai prise;  
 puis ayant pris la corde de 120 dég.;  
 quadruple du dernier angle proposé de  
 30 dég.; je cherche sur le compas ain-  
 si ouvert à quels points des parties é-  
 gales, elle peut être appliquée trans-  
 versalement; & je trouve que ce sont  
 les points 130: 130:, dont le qua-  
 druple qui est 520 toises me donne  
 la portée du mortier que je recher-  
 che.

Si dans la même hypothèse où la  
 portée est de 400 to. à 21 dég., j'avois  
 voulu savoir à quel degré il faut éle-  
 ver le mortier pour le faire chasser à la  
 longueur horizontale de 520 to. ? A-  
 près avoir appliqué la corde des 84 dég.  
 quadruple de 21 dég. transversalement  
 sur



# LES BOMBES, II. PARTIE. 153

sur les points 100:100:des parties égales, j'aurois pris sur le compas ainsi ouvert la distance transversale qui est entre les points 130:130:du même côté, laquelle étant rapportée sur la ligne des cordes donne celle de 120 dégr., dont le quart 30 dégr. ou son complément 60 dégrez, sont les angles de la position du mortier que l'on demande. Je prens les points 130:130:parce que le nombre est le quart du proposé 520 comme les points 100:100:sont le quart de l'autre proposé 400:ayant pû prendre  $\frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{5}$ :ou telle autre partie de l'un & de l'autre qui auroit le plus comodement réüssi sur les parties égales du compas.

Pour dresser le mortier suivant la direction d'un angle donné avec le compas de proportion;il faut premièrement l'ouvrir de la capacité de cet angle en prenant la longueur de sa corde & l'appliquant transversalement sur les points 60:60:des mêmes cordes; puis mettant un de ses bras sur le mortier en-sorte que la tête du

LIV. V.  
CHAP.  
I.

Usage  
du com-  
pas de  
propor-  
tion  
pour les  
portées  
qui sont  
au ni-  
veau des  
batter-  
ries.

LIV. V.  
CHAP.  
I.

compas étant tourné vers sa bouche,  
le même bras soit parallèle à l'axe de

Usage  
du com-  
pas de  
propor-  
tion  
pour les  
portées  
qui sont  
au ni-  
veau des  
batte-  
ries.



l'ame, il faut élever le mortier de  
manière que l'autre bras devienne  
parallèle à l'horizon, ce qui se côn-  
noit en appliquant sur ce bras un de  
ces petits niveaux d'émail ou tel au-  
tre que l'on jugera à propos.

*Usage du Compas de proportion pour les portées qui ne sont pas au niveau des batteries.*

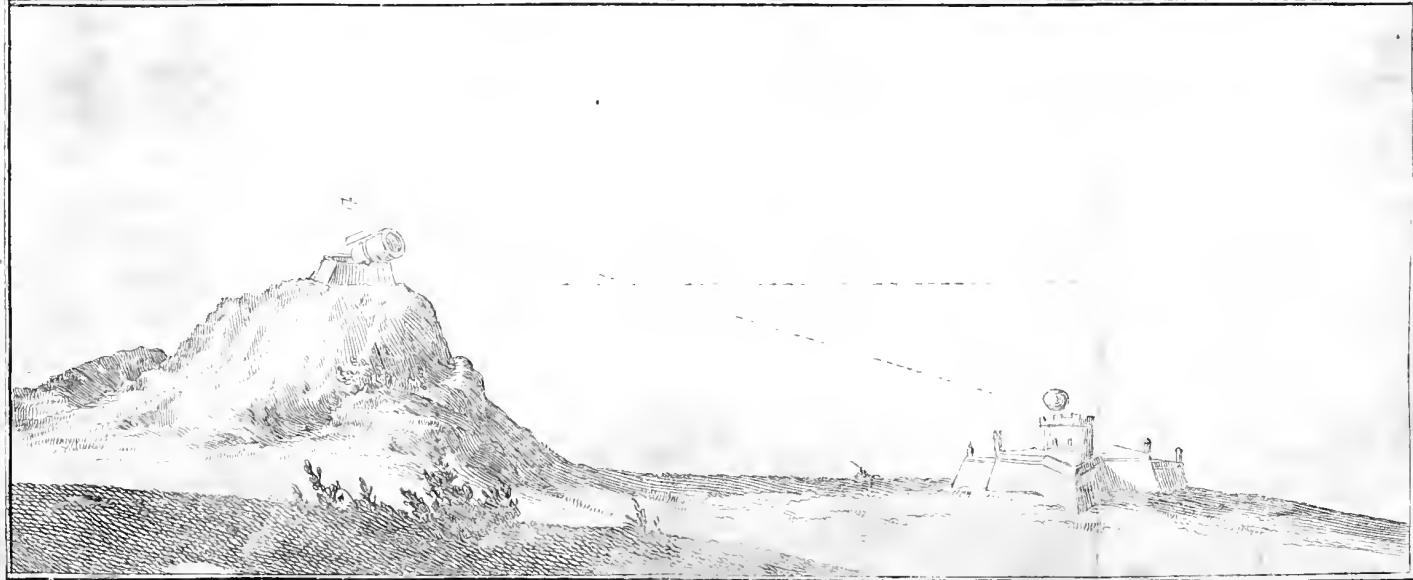
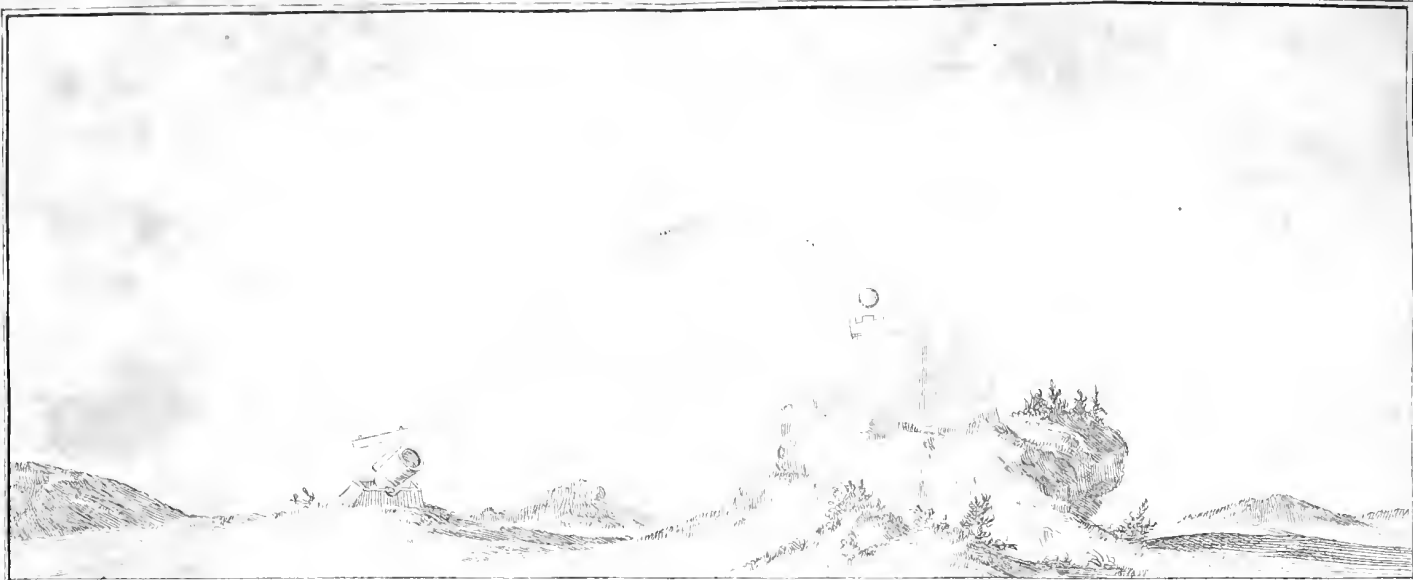
Usage  
du com-  
pas de  
propor-  
tion  
pour les  
portées  
qui ne  
sont pas  
au ni-  
veau des  
batté-  
ries.

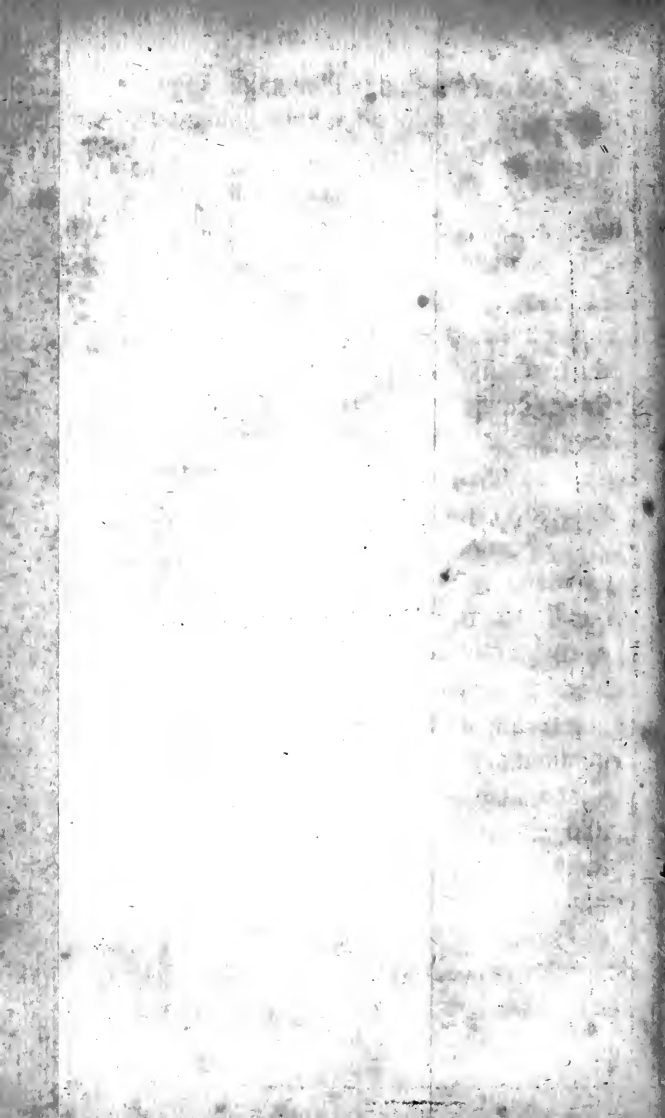
L'Usage du compas de proportion n'est pas plus difficile pour les portées sur des plans inclinez au-dessus ou au-dessous du niveau des batteries; car il ne faut que prendre la longueur de la plus grande portée sur la ligne des parties égales, & y appliquer transversalement celle de la distance horizontale; puis sur cette ouverture de Compas prendre sur la même ligne des parties égales, la longueur de la corde du double du complement de l'angle du plan proposé, & ajouter à celle qui lui répond transversalement la corde du double du même angle; & cet agrégé sera la corde d'un angle, à la moitié duquel & à son complement à deux droits, ajoutant l'angle de l'inclination du plan, vous aurez le double des angles que l'on demande.

Trou-  
ver l'élé-  
vation de  
la pièce  
quand le  
plan est  
incliné  
sur le  
niveau  
des bat-  
teries.

*Trouver l'élévation de la pièce quand le plan est  
incliné sur le niveau des batteries.*

Comme dans notre exemple, sup-  
posé que la plus grande portée  
soit de 600 to., la distance horizontale  
de 310 to. & l'angle de l'inclina-  
tion du plan sur l'horizon de 15 dé-  
g.: parce que le plus grand nombre des par-  
ties égales qui est sur le bras du com-  
pas de proportion ordinaire n'est que  
200 qui est le tiers de 600 to. de la  
plus grande portée, je prens sur la mê-  
me ligne la longueur de 103  $\frac{1}{2}$  p. qui  
est le tiers de la distance horizontale  
que j'applique transversalement sur  
les points 200 : 200 : , puis ayant pris  
la longueur de la corde de 150 dé-  
g. double de 75 qui est le complément de  
l'angle du plan de 15 dé-  
g., je la rap-  
porte au long de la ligne des parties é-  
gales pour prendre la transversale sur  
les points où elle répond, à laquelle a-  
joûtant la corde de 30 dé-  
g. double du  
même angle du plan de 15 dé-  
g., j'ai  
la





la corde de 98. 30 dont la moitié est 49. 15' & son complement à deux droits 130 45'. Et ajoutant 15 dégr. à l'un & à l'autre, j'ai 64. 15' & 145. 45' dont les moitiés 32. 7½' & 72. 52½' sont les angles de la position du mortier que l'on recherche.

L'application du mortier avec le compas de proportion est la même que celle que nous venons d'enseigner: mais si au lieu de tenir le bras extérieur parallèle à l'horizon, l'on vouloit découvrir l'objet au long du même bras en y mettant des pinules; il faudroit en ce cas diminuer l'angle trouvé de la grandeur de celui du Plan, & ayant ouvert le compas de la capacité du reste, hausser le mortier jusqu'à ce que l'on découvre au long des pinules le point où l'on veut fraper. Comme en notre exemple ôtant 15 dégr. de 32. 7½' & de 72. 52½'; l'on auroit 17. 7½' & 57. 52½', dont il faudroit appliquer la corde transversale aux points 60: 60: des mêmes cordes, & tenant ainsi le compas ouvert, mettre un de ses bras

LIV. V.  
CHAP.  
III.

Trouver l'élévation de la pièce quand le plan est incliné sur le niveau des batteries.

LIV. V. CHAP. IV. parallele à l'ame du mortier, qu'il faut en-suite élever jusqu'à ce que, par les pinules posées au long de l'autre bras, l'on puisse voir l'objet élevé où l'on veut faire porter la bombe.

## CHAPITRE IV.

*Trouver l'élévation de la pièce quand le plan est incliné sous le niveau des batteries.*

CHAP. IV.

Trouver l'élévation de la pièce quand le plan est incliné sous le niveau des batteries.

SI sur les mêmes hypothèses le plan avoit été incliné sous le niveau de la batterie; après avoir ouvert le compas de proportion en-sorte que la longueur de 103  $\frac{1}{2}$  p., qui est le tiers de la distance horizontale, soit la transversale sur la ligne de parties égales des points 200 : 200 : qui sont le tiers de la plus grande portée, & appliqué sur le même côté la corde de 150 degré double de 75, qui est le complément de l'angle du plan de 15 degré; il faut ôter de la transversale la longueur de la corde de 30 degré double du même angle du plan; & le reste est la corde de 28. 50'; d'où ayant ôté

15 dé-



LES BOMBES, II. PARTIE. 159

15 degrés, le reste est l'angle de 13. 50' & son complement à deux droits 166. 10'; puis prenant la différence de l'un & de l'autre & de 15 degrés; c'est-à-dire ôtant 13. 50' de 15 dégr.; ou 15 dégr. de 166. 10', il reste 1. 10' & 151. 10', dont les moitiés 35' & 73. 35' sont les angles recherchez. De forte qu'ouvrant le compas de la grandeur de ces angles, & disposant le mortier en sorte que l'un des bras convenant à l'ame, l'autre soit parallèle à l'horizon; la bombe ira frapper au point proposé.

Si ajoutant l'angle du plan qui est de 15 dégr. à chacun de ces angles, qui vous donneront par conséquent 15. 45' & 80. 35', vous ouvrez votre compas de leur grandeur; vous pourrez élever le mortier de manière que l'un des bras convenant à l'ame, vous découvriez le point abaissé sous le niveau des batteries où vous voulez frapper, par les pinules posées au long de l'autre bras.

LIV. V.  
CHAP.  
IV.

Trouver l'élevation de la pièce quand le plan est incliné sous le niveau des batteries.

LIV. V.  
CHAP.  
V.

## CHAPITRE V.

*Trouver la distance horizontale, ou la longueur du plan incliné, ou la perpendiculaire.*

Trouver la distance horizontale ou la longueur du plan incliné ou la perpendiculaire.

**L**ors que connoissant l'angle du plan & celui de la position du mortier, l'on veut savoir quelle est la distance horizontale ? ou la longueur du plan incliné ? ou la hauteur perpendiculaire à laquelle la bombe arrivera ? supposé que la plus grande portée soit de 600 to. : voici comme il faut faire.

Otez l'angle du plan du double de celui de l'élévation du mortier, puis ayant pris la corde du double du reste ou de son complement à deux droits (si ce reste, excède un angle droit, ) ôtez en la corde du double de l'angle du plan. En-suite appliquez ce reste transversalement sur les parties égales aux points où se termine la corde du double du complement de l'angle du plan ; car le compas étant ainsi ouvert, la transversale sur les parties égales

égales répondant aux points de la plus grande portée ou de quelqu'une de ses parties, vous donnera la distance horizontale, ou telle autre de ses parties semblable à celle que l'on a prise pour la plus grande portée.

LIV. V.  
CHAP.  
V.

Trouver la distance horizontale ou la longueur du plan incliné, ou la perpendiculaire.

En-suite si vous appliquez transversalement la corde du double de l'angle du plan sur les points des parties égales où répond la longueur de la corde du double de son complément; la transversale répondant à la distance horizontale que vous avez trouvée vous donnera la hauteur perpendiculaire.

Enfin appliquant transversalement la corde du double de l'angle droit, c'est-à-dire celle de 180 dég. sur les mêmes points des parties égales où répond celle du double du complément de l'angle du plan; la transversale de la même distance horizontale fera l'étendue sur le plan incliné.

Comme dans notre exemple où l'angle de l'inclination du plan sur l'horizon est de 15 dég. & la plus grande portée

LIV. V. CHAP. V. Trouver la distance horizontale ou la longueur du plan incliné ou la perpendiculaire.

tée de 600 to : si l'on demande quelle sera la distance horizontale lorsque le mortier est élevé de  $72. 52\frac{1}{2}$  : j'ôte les 15 dégr. de l'angle du plan, de  $145. 45'$  double de  $72. 52\frac{1}{2}$ . Et le reste est  $130. 45'$  : qui est plus grand qu'un droit ; ainsi je prens son complement à deux droits  $49. 15'$ , dont le double est  $98. 30'$ , duquel je prens la corde sur le compas, d'où ôtant celle de 30 dégr. double de l'angle du plan ; j'applique le reste transversalement sur les parties égales aux points où répond la corde de 150 dégr. double de 75 dégr. qui est le complement du même angle du plan ; & le compas étant ainsi ouvert je prens la transversale des points 200 : 200 : laquelle me vient de la longueur de 103 $\frac{1}{3}$  parties. De sorte que comme le nombre 200 est le tiers des 600 to. de la plus grande portée, ainsi je trouve que le triple de 103 $\frac{1}{3}$ , c'est-à-dire 310 to., est l'étendue horizontale que je demande.

Cela posé : je prens la corde de

# LES BOMBES, II. PARTIE. 163

30 dég double de l'angle du plan, & l'ayant appliquée transversalement sur les parties égales aux points où répond la corde de 150 dég double de 75, qui est le complément du même angle du plan; je prens sur le compas ainsi ouvert, la transversale des points trouvés 103 $\frac{1}{3}$ : 103 $\frac{1}{3}$ : de la distance horizontale; & l'étendant sur les mêmes parties égales, je trouve 27 $\frac{1}{3}$  p., dont le triple est 83 to. pour la hauteur perpendiculaire recherchée.

LIV. V.  
CHAP.  
V.

Trouver la distance horizontale ou la longueur du plan incliné ou la perpendiculaire.

En la même manière ouvrant le compas par l'application de la corde de 180 dég. double de l'angle droit, sur les mêmes points des parties égales où répond celle de 150 degrés double du complément de l'angle du plan, & prenant la transversale des mêmes points trouvez de la distance horizontale 103 $\frac{1}{3}$ : 103 $\frac{1}{3}$ :; je trouve 106 $\frac{2}{3}$  dont le triple 320 to. me donne l'étendue du plan incliné.

LIVRE

LIV. VI.

Autre  
instru-  
ment  
Univer-  
sel pour  
le jet  
des Bom-  
bes.

Autre instrument Universel pour le  
jet des Bombes.

**N**ous ajoûterons ici la con-  
struction & l'usage d'un in-  
strument que l'on peut ap-  
peller Universel pour le jet  
des Bombes, parce qu'il sert en la  
même manière pour toutes sortes de  
positions, soit qu'elles soient au ni-  
veau des Batteries, ou qu'elles n'y  
soient pas.

---

CHAPITRE PREMIER.

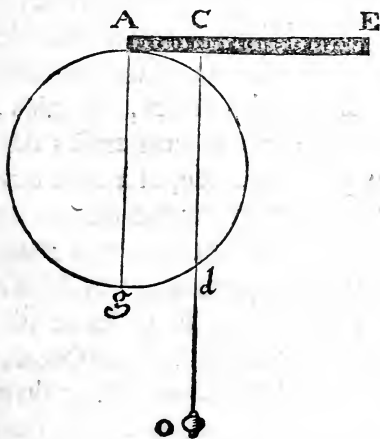
*Construction d'un instrument Universel  
pour le jet des Bombes.*

CHAP.  
I.

Con-  
struction  
d'un in-  
strument  
Univer-  
sel pour  
le jet des  
Bombes.

**S**A Construction est tres simple.  
C'est un cercle assez grand & d'u-  
ne matière solide, qui a une touchan-  
te de même matière, c'est-à-dire une  
règle attachée immobile perpendicu-  
lairement au bout de l'un de ses dia-  
metres, égale au même & divisée en  
un tres-grand nombre de parties éga-  
les

les. Il a de plus un plomb attaché à un filet qui peut couler librement au long de la règle & s'arrêter sur toutes ses divisions. Comme en cette figure, le cercle est A *d* g & la règle A E attachée immobile au Cercle au point A, à angles droits sur le diamètre A g, égale au même, & divisée en un tres-



grand nombre de parties égales. Le plomb O peut au filet qui coule au long de la règle A E, & peut s'arrêter sur tous ses points comme en C.

LIV. VI.

CHAP.

II.

Usage

d'un in-

strument

Univer-

sel pour

le jet des

Bombes.

## CHAPITRE II.

*Usage d'un instrument Universel pour le  
jet des Bombes.*

**S**on usage est assez facile: car connoissant la plus grande portée du Canon ou du mortier, la distance horizontale, & l'angle de l'inclination du plan s'il y en a; pour trouver l'élevation de la pièce ou du mortier; il faut premièrement faire que comme le nombre des toises, des piés, ou d'autres mesures contenuës dans la plus grande portée, est à celui des mêmes mesures comprises dans la moitié de la distance horizontale: ainsi le nombre des parties égales de la règle est à un autre; & poser le filet du plomb sur ce dernier nombre de parties de la règle à commencer du point où elle est attachée au cercle. Puis disposant l'instrument en sorte que la règle soit tournée vers le but où l'on veut faire passer le boulet ou la bombe; le filet du plomb touchera ou coupera la Circonférence du cercle en



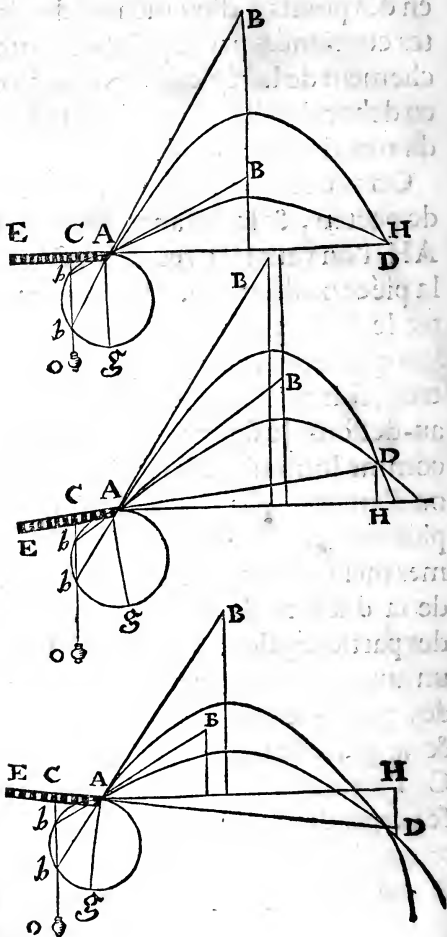
en des points, d'où menant des droi-  
tes continuées par le point de l'attou-  
chement de la règle, elles donneront  
en dehors les directions de la pièce ou  
du mortier que l'on demande.

Comme si connoissant la plus gran-  
de portée, & la distance horizontale

AH, l'on veut trouver la direction de  
la pièce ou du mortier pour faire por-  
ter le boulet ou la Bombe au but D,  
soit que ce but soit au niveau de la bat-  
terie, soit qu'il se trouve au-dessus ou  
au-dessous. Je fais premièrement que  
comme le nombre des toises, des piés  
ou d'autres mesures, contenuës dans la  
plus grande portée, est à celui des mê-  
mes mesures comprises dans la moitié  
de la distance AH : ainsi le nombre  
des parties égales de la règle AE est à  
un autre, qui soit, par exemple, celui  
des parties comprises entre A & C ;  
& je place le filet du plomb au point  
C. Puis disposant le cercle de champ  
& perpendiculaire à l'horizon, en-for-  
te que la règle EA soit tournée vers  
le but D en quelque situation qu'il  
puis-

LIV. VI.  
CHAP.  
II.

Usage  
d'un in-  
strument  
Univer-  
sel pour  
le jet des  
Bombes.



puisse être à l'égard du niveau de la batterie ; je prens garde aux endroits où le filet du plomb coupe la circonférence du cercle, comme aux points *bb*, (car il le touchera nécessairement en un point, où il le coupera en deux points, si le probleme est possible.) Après quoi je n'ai qu'à mener par le point *A* les droites *b AB*, *b AB*, & j'aurai les lignes *AB*, *AB* pour la direction du mortier ou de la pièce comme je le demande.

Je ne m'arrêterai pas à faire voir quel'on peut connoître la hauteur perpendiculaire du but *HD*, la longueur du plan incliné *AD*, & tous les autres cas qui accompagnent cette proposition, parce que cela est fort facile, si l'on a une fois bien compris la construction & l'usage de cet instrument, & ce qui s'est dit ci-devant sur cette matière.

LIV. VI.  
CHAP.  
II.

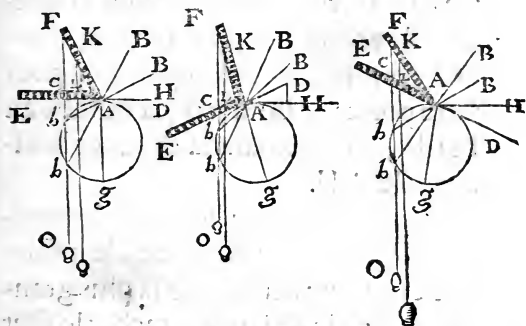
Usage  
d'un  
même  
instru-  
ment U-  
niversel.  
pour les  
jets des  
Bombes.

Autre  
usage de  
cet in-  
strument  
Univer-  
sel.

**J'**Ajouterai seulement que si la règle étoit divisée en un nombre de parties égales, qui fut ou égal au plus grand que celui des toises, des piés, ou d'autres mesures contenuës dans la plus grande portée d'une pièce de Canon ou d'un mortier; l'on pourroit donner plus de facilité à l'usage de cet instrument en y ajoutant une autre règle égale à la première, divisée de même, & attachée au même point au bout du diametre du cercle, en sorte néanmoins qu'elle se puisse mouvoir & faire tel angle que l'on voudra avec la règle immobile: car par ce moyen l'on n'auroit pas besoin de faire de Règle de Trois pour la pratique.

Il faudroit seulement, si le nombre des mesures de la plus grande portée étoit égal à celui des parties de la règle, attacher le filer au bout extérieur de l'immobile; puis posant l'instrument dans la situation, en sorte que le plan du

du cercle étant à plomb, la règle im- LIV. IV.  
mobile fut dressée vers le but, élever CHAP.  
la règle mobile jusqu'à ce que le filet II. Autre  
du plomb vint à couper sur l'immo- usage de  
bile un nombre de ses parties égal à cet in-  
celui des mesures contenuës dans strument  
la moitié de la distance horizontale. Univer-  
sel.



Car ce même filet marqueroit sur la circonférence du Cercle un , ou deux points, d'où menant des droites par le bout du diametre où les règles sont attachées ; vous auriez en dehors les lignes de direction pour le Canon ou pour le mortier ainsi que vous le demandez.

Comme en cet exemple où j'ai joint

LIV. VI.  
CHAP.  
III.

Autre  
usage du  
même in-  
strument  
Univer-  
sel.

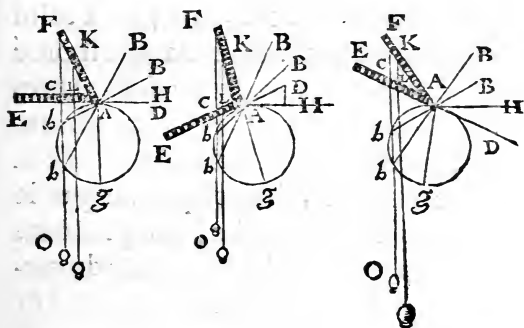
joint à la règle immobile  $AE$  au point  $A$ , une autre règle  $AF$  égale à  $AE$ , également divisée, & mobile autour du même point  $A$ . Supposé que le nombre des parties égales de la règle  $AF$  ou  $AE$  soit égal ou plus grand que celui des toises, des piés ou d'autres mesures contenuës dans la plus grande portée de la pièce ou du mortier dont je cherche la position pour faire porter le boulet ou la bombe au but  $D$ , cōnoissant la distance horizontale  $AH$ .

Au premier cas : lors-que le nombre des parties de la règle est le même que celui des mesures de la plus grande portée, je n'ai qu'à attacher le filet du plomb au bout  $F$  de la règle mobile  $AF$  ; & posant le plan du cercle dans la situation perpendiculaire à l'horizon, en sorte que la règle  $EA$  soit dressée vers le but  $D$ , j'éleve l'autre règle  $AF$ , jusqu'à ce que le filet du plomb passe comme en  $C$ , sur un nombre de parties de la règle  $AE$  égal à celui des mesures de la moitié de la distance  
hori-

horizontale A H. Car ce filet coupera le cercle au dessous en un ou deux points de sa circonférence comme en *bb*; d'où menant les droites *b* AB, *b* A B; elles donneront hors du cercle les lignes A B, A B, de la direction du Canon ou du mortier ainsi que l'on le demande.

LIV. VI.  
CHAP.  
III.

Autre  
usage  
de cet in-  
strument  
Univer-  
sel.



Il n'y a pas plus de difficulté pour le second cas : c'est-à dire lors-que le nombre des parties de la règle est plus grand que celui des mesures de la plus grande portée. Car il ne faut que prendre sur la règle mobile depuis le point A autant de parties qu'il y a de mesures dans la plus grande portée,

H 3                      & y

LIV. VI. & y attacher le filet comme au point  
CHAP. K ; puis mettant l'instrument dans sa  
III.

Autre  
usage du  
même  
instru-  
ment U-  
niversel.

position perpendiculaire, avec sa règle E A dressée vers le but D, élever la règle A F jusqu'à ce que le filet du plomb passe du point K sur le point comme de la règle immobile A E, en sorte que le nombre de ses parties comprises entre A & L, soit égal à celui des mesures contenuës dans la moitié de la distance horizontale A H. Après quoi laissant les deux règles en cet état il faut remettre le filet au bout F de la règle mobile, lequel passant par le point C de l'immobile, coupera dans cette position la circonférence du cercle en un ou deux points comme *bb*, d'où menant les droites *b A B*, *b A B* par le point A ; l'on aura les lignes A B, A B, au dehors du cercle pour les lignes de direction de la pièce du Canon ou du mortier, ainsi que l'on le demande.



# L'ART DE JETTER

## LES

# B O M B E S.

Et de connoître l'étenduë des coups  
de volée d'un Canon en toutes  
fortes d'élévations.

*TROISIEME PARTIE.*

De la Théorie du Jet des Bombes.

LIVRE PREMIER.

LIVR. I.

Doctrine de Galilée sur le mouve-  
ment.

CHAPITRE PREMIER.

*Dialogues Mécaniques de Galilée du mouve-  
ment & de la résistance des solides.*



'Est sur la doctrine de Galilée que sont fon-  
dées toutes les prati-  
ques que nous venons  
d'enseigner dans la se-  
conde Partie de ce Li-  
vre. Il est le premier qui ait raisonné  
justement sur cette matière, & qui ait

CHAP.  
I. Dialogues Mé-  
caniques de Gali-  
lée du mouve-  
ment & de la ré-  
sistance des soli-  
des.

LIVR. I. découvre la véritable nature du  
CHAP. mouvement, tant de celui que l'on  
.I

Dialogues Me- appelle mouvement naturel qui est le  
caniques propre des corps qui tombent ( com-  
de Gali- me on dit ) par leur propre poids vers  
lée du le centre de la terre, que du mouve-  
mouve- ment violent, qui est celui de corps-  
ment & jettés, c'est-à-dire de ceux qui sont por-  
de la ré- tés par une force qui leur a été im-  
sistance primée du dehors.  
des.

Toute cette *science du mouvement*, aus-  
si bien que celle de la *résistance des solides*,  
que cét Auteur appelle *Sciences nouvel-  
les*, parce qu'il en est le premier Inven-  
teur, est contenuë dans le livre de ses  
Dialogues intitulé *Discorsi e dimonstrazioni  
Mathematiche intorno à due nuove scienze at-  
tenenti alla mecanica & à' movimenti locali*,  
imprimé en Hollande par les Elzevirs  
en l'année 1638; & c'est à la générosité  
de feu Monsieur le Comte de Noail-  
les quenous avons l'obligation d'un  
présent si exquis.

Ce Seigneur étant Ambassadeur à  
Rome avoit employé efficacement ses  
offices pour la libération de Galilée  
pri-

prisonnier de l'inquisition, pour avoir dans ses Dialogues du Systeme du monde, appuyé les raisons du mouvement de la Terre que Copernique, qui vivoit sur la fin du penultième siècle, avoit tirées de la doctrine des anciens Philosophes de la secte de Pythagore. Et Galilé pour reconnoissance d'un bienfait si généreux, lui fit présenter de cet ouvrage manuscrit ; que nous tenons par ce moïen de la libéralité de Monsr. de Noailles qui a voulu faire part de son trésor au public.

LIV. I.  
CHAP.  
I.

Dialogues  
mécaniques  
de Galilée  
du mouvement &  
de la résistance  
des Solides.

## CHAPITRE II.

*Deux espèces de mouvement.*

**G**alilée dans ce livre reconnoît d'abord deux espèces dans le mouvement, dont l'une est celle du mouvement *égal & uniforme*, & l'autre est celle du *mouvement inégal* qui s'augmente incessamment & qu'il appelle *mouvement uniformément accéléré*, qui est un mot dont nous nous servons, quoi qu'il soit peu en usage ; parce qu'il explique assez la nature de ce mouvement.

CHAP.  
II.

Deux  
espèces  
de mouvement.

LIV. I.

CHAP.

II.

Deux  
espèces  
de mou-  
vement.

L'uniforme est donc celui *par lequel un mobile parcourt des espaces égaux dans des tems égaux* ; & c'est, dit-il, celui qui est naturellement propre aux mobiles qui se meuvent en rond sur des centres, comme est celui des corps Célestes, qui n'est perpétuel que par son uniformité & par son égalité, laquelle conserve le mobile dans une unité de subsistance sans y apporter aucune altération ; au-lieu que le mouvement inégal ne peut jamais être de longue durée, à cause des diverses mutations qu'il apporte sur la consistance du mobile par l'inégalité de ses impressions.

Je ne m'arrêterai point à raconter de quelle manière il refute le sentiment de ceux qui ont crû que dans le mouvement uniformement accéléré, la vitesse s'augmentoît à proportion des espaces que le mobile parcouroit dans sa chute ; & comme il fait voir qu'ou-  
 tre la vitesse & l'espace, il faut encore nécessairement faire considération du tems & de la durée, pour avoir une

ne connoissance exacte de cette espèce de mouvement. Je me contenterai d'expliquer les deux pensées qui lui sont venues sur ce sujet, dont la première est décrite dans ses Dialogues du Systeme du monde, & l'autre qui paroît être son véritable sentiment, est expliquée fort au long dans ses Dialogues de Mécanique.

LIV. I.  
CHAP.  
II.  
Deux  
espèces  
de mou-  
vement.

## CHAPITRE III.

*Première pensée de Galilée pour expliquer l'augmentation de vitesse du mouvement accéléré.*

DANS la première il dit donc que l'accélération de vitesse dans la chute des corps, se faisoit peut-être, de telle sorte que les espaces parcourus par le mobile, étoient égaux aux sinus versés des arcs de l'Equateur de la Terre, pendant qu'elle se mouvoit sur son propre centre en 24 heures. Ce que l'on peut faire entendre en cette manière.

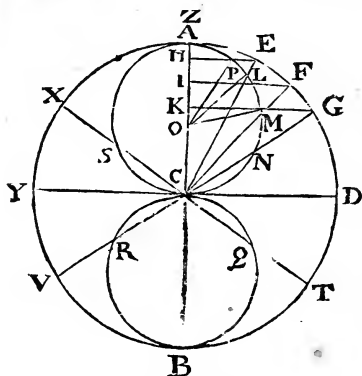
CHAP.  
III.  
Pre-  
mière  
pensée de  
Galilée  
pour ex-  
pliquer  
l'aug-  
menta-  
tion de  
vitesse  
du mou-  
vement  
accéléré.

Soient pris sur l'arc de l'Equateur

LIV. I.  
CHAP.  
III.

Pre-  
mière  
pensée de  
Galilée  
pour ex-  
pliquer  
l'aug-  
menta-  
tion de  
vitesse  
du mou-  
vement  
accélééré.

ADBY coupé à angles droits par les  
diametres  $AB : DY$ , tant d'arcs  
que l'on voudra comme  $AE : AF : AG : \&c.$ , dont les sinus droits,



c'est  
à-dire  
les  
per-  
pendi-  
culai-  
res ti-  
rées de  
leurs  
extré-  
mitez

sur le diametre  $AB$ , sont  $EH : FI : GK : \&c.$ , & les sinus versés sont les portions du même diametre  $H : AI : AK$ . Puis ayant supposé que le point  $Z$ , qui part du point  $A$  sur le même Equateur, soit porté d'un mouvement égal & uniforme par les points  $EFGDTBY$  jusqu'à ce qu'il retourne au même point  $A$  au bout de 24 heures : & qu'au moment que  $Z$  part du point  $A$ , le mo-

mobile tombe aussi du même point pour descendre avec une vitesse uniformement accélérée vers le centre C. Le mobile, suivant cette première opinion, parcourra dans sa chute les espaces  $AH : HI : IK. \&c :$ , au même tems que le point Z passera de son mouvement journalier égal & uniforme par les arcs de l'Equateur  $AE : EF : FG$ .

LIV. I.  
CHAP. III.  
Première pensée de Galilée pour expliquer l'augmentation de vitesse au mouvement accéléré.

#### CHAPITRE IV.

*Suites admirables de la première pensée de Galilée.*

Les conséquences que l'on peut tirer de ce sentiment sont admirables dont voici les principales.

Premièrement que le mouvement de ce corps tombant, composé de celui de sa chute qui est uniformement accéléré, droit & à plomb vers le centre de la terre, & de celui qui lui est communiqué par le mouvement

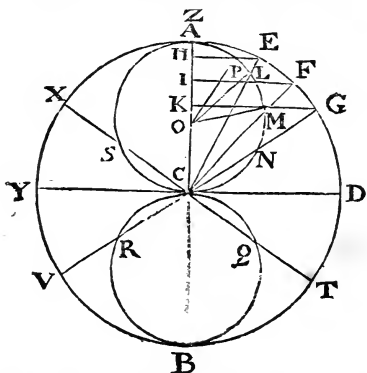
CHAP. IV.  
Suites admirables de la première pensée de Galilée.

LIV. I.  
CHAP.  
IV.

Suites  
admirables de la  
première  
pensée  
de Gali-  
lée.

journalier de la terre qui est circulaire, uniforme & égal, décrit aussi une ligne circulaire. C'est-à-dire que le poids tombant du point A avec un mouvement composé de celui qui l'emporte par sa propre gravité, per-

pendi-  
culai-  
re-  
ment  
& a-  
vec  
préci-  
pita-  
tion  
vers le  
centre



de la terre C : & de celui qui l'emporte en rond & uniformement par le mouvement journalier de la surface de la Terre du point A par les points E : F : G : D : &c. décrira par sa chute la ligne circulaire ALM N.

Car ( comme il est démontré dans la Géométrie ) les sinus versés A H : A I : A K : étant égaux aux lignes E

L :



L : F M : G N : , le corps mobile dans le tems qu'il est emporté par le mouvement de la Terre au long des arcs A E : A F : A G : descend par l'impression de sa gravité au long des lignes E L : F M : G N ; & lors-que le mobile Z est en E , le mobile tombant est en L ; & lors-que Z est en F , l'autre est en M : & Z étant en G , le corps tombant est en N : & ainsi des autres. Mais tous ces points A L M N sont dans la circonférence d'un cercle ; & partant la ligne que décrit un poids par sa chute , suivant cette hypothèse , est circulaire.

En second lieu. Quoï que le corps qui tombe acquière , en chacun des momens de sa chute ou de son mouvement droit , un nouveau degré d'augmentation de vitesse : il est pourtant vrai que dans son mouvement composé , dont nous venons de parler , il est porté uniformement , également , & sans aucune accélération. L'on peut dire de plus que ce mouvement de Lation ou de transport est précisément égal à celui dont il seroit porté par la

leu-

LIV. II.  
CHAP.  
VI.

Suites  
admira-  
bles de la  
première  
pensée  
de Gali-  
lée.

LIV. I.  
CHAP.  
IV.

Suites  
admirables de  
la première  
pensée de  
Galilée.

seule circulation journalière de la terre, quand il seroit demeuré comme en repos au premier point de sa chute A.

Car si vous menez du point O, où est le centre du cercle ALMN, les lignes OL. OM: & la droite OP: parallele à CE. La raison des angles AOL & AOM fera la même que celle des angles ACE & ACF, (car ceux-là sont doubles de ceux-ci; (& partant la raison de l'arc AM à l'arc AL fera la même que de l'arc AF à l'arc AE & en divisant l'arc AE sera à EF comme l'arc AL à LM. d'où il s'en suit que posant AE égal à EF: AL sera aussi égal à LM. Mais les arcs AE & EF sont parcourus en tems égaux par le mouvement journalier pendant lesquels le poids tombant passe les arcs AL & LM, ainsi que nous l'avons démontré ci-devant: donc les tems des chûtes du poids par les arcs égaux AL & LM seront égaux. Et ceci se pouvant démontrer dans tous les arcs du cercle ALM décrit par la chute du mobile; l'on peut dire que le mouvement du

mo-

mobile tombant, composé du droit LIV. I.  
accélééré & du circulaire uniforme, CHAP.  
est égal & uniforme, puis-qu'il par- IV.  
court des Arcs égaux en tems égaux.

Maintenant comme O P est paral- Suites  
lele à CE, l'angle AOP est égal à A C admirables de la  
E, & partant l'arc AP est au cercle A première  
LM, comme l'arc AE au cercle AEF. pensée  
& en permutant & changeant l'arc A de Gali-  
E est à l'arc AP, comme la circonfé- lée.  
rence du cercle AEF à la circonféren-  
ce du cercle ALM, c'est-à-dire com-  
me le diametre AB au diametre AC,  
mais AB est double de AC; donc l'arc  
AE sera double de l'arc AP. Mainte-  
nant parce que l'angle A O L est dou-  
ble de l'angle ACE, ou de son égal A  
OP, l'arc AL sera aussi double de l'arc  
AP; donc les arcs AE & AL seront  
égaux. Mais nous venons de mon-  
trer que le mobile en tombant décrit  
par sa chute l'arc A L au même tems  
que le point Z, c'est-à-dire le même  
mobile demeurant comme en repos,  
seroit porté du mouvement journalier  
de la Terre au long de l'arc AE; donc  
le

LIV. I.  
CHAP.  
I V.

Suites  
admirables de  
la première  
pensée de  
Galilée.

le mobile en tombant est réellement porté d'un mouvement égal à celui qui lui seroit communiqué par le seul mouvement de la Terre, s'il ne ressentoit aucune impression ni de sa propre gravité ni de sa chute.

Enfin si vous supposés qu'il y ait un passage libre & perpendiculaire, par lequel le mobile en tombant de la surface de la Terre, puisse aller jusqu'au centre; & delà jusqu'à la surface opposée; il arrivera par cette hypothèse, que ce mobile tombant, en quelque point du diamètre de la Terre que sa chute commence, (comme sur la surface au point A, emploiera précisément six heures de tems à arriver au centre; d'où il passera en remontant vers l'autre part en six autres heures, jusqu'à la surface opposée en B; & de là retombant une autre fois, il sera encore six heures à retourner au centre; & six autres heures à remonter au lieu d'où il étoit premièrement parti. De sorte qu'il parcourra deux fois le diamètre de la Terre tant en allant qu'en reve-

revenant précisément en vingt quatre heures.

Car ce mobile en tombant du point A, n'arrivera point au centre C, que le point Z, partant au même tems du même point A, ne soit arrivé par le mouvement de l'Equateur en D; après avoir parcouru le quart du même Equateur AD, c'est-à-dire au bout de six heures: & comme les degrés de vitesse acquise au point C, diminuent en montant vers la surface opposée en B, en la même proportion inverse de celle par laquelle ils s'étoient augmentez en descendant de A vers C, en sorte que les espaces soient toujours comme les sinus versés de l'Equateur, l'on pourra démontrer par un raisonnement pareil à celui dont nous nous sommes servis, que le mobile montant de C en B. avec un mouvement composé du droit uniformement diminué & d'un circulaire uniforme & égal, décrira la circonférence du cercle CQB, & qu'il sera en Q lorsque Z sera en T, & n'arrivera point

LI V. I.  
CHAP.  
IV.

Suites  
admirables de la  
pensée  
de Galilée.

en

LIV. I. en B, que lors-que Z aura parcouru  
 CHAP. l'autre quart de l'Equateur D T B,  
 IV. c'est-à-dire au bout de six heures. Ain-  
 Suites si le mobile tombant du point B en  
 admira- C, décrira la circonférence B R C  
 bles de la dans le même tems que Z partant de  
 première B parcourra le quart de l'Equateur B  
 pensée V Y. Et enfin le même mobile remon-  
 de Gali- tant de C en A, décrira la circonfé-  
 lée. rence C S A pendant que le point Z  
 passera en six heures le dernier quart  
 de l'Equateur Y X A.

Et de cette manière un mobile  
 parcourroit deux fois en un jour le  
 diametre entier de la Terre en allant  
 & en revenant. Cette réciprocation  
 journalière d'allées & de retours du-  
 reroit éternellement, (par ce principe  
 de mécanique, qu'une vertu une fois  
 imprimée dans un corps y demeure  
 d'elle même perpétuellement sans en  
 sortir jamais, à moins qu'elle ne soit  
 chassée par quelque cause externe ; )  
 si la résistance du dehors ne l'arrêtoit,  
 & particulièrement celle de l'air ; qui  
 diminuant insensiblement la vîtesse  
 de

de la chute du mobile, la réduiroit à la fin au mouvement égal ou au néant, & le feroit arrêter au centre, où il demeureroit en repos.

Au reste il paroît que cette supposition bannit de la Nature toutes sortes de mouvemens par ligne droite.

LIV. I.  
CHAP.  
IV.

Suites  
admirables de la  
première  
pensée de  
Galilée.

# CHAPITRE V.

*Seconde pensée de Galilée pour expliquer  
l'augmentation de vitesse au mou-  
vement accéléré.*

**V**Oici maintenant l'autre manière par laquelle Galilée explique la nature de cette augmentation de vitesse dans les corps qui tombent vers le centre de la terre. Il dit donc que le mouvement uniformement accéléré est celui *dans lequel le mobile acquiert en chacun des momens égaux de sa chute, des degrés égaux de vitesse.* C'est-à-dire que la vitesse du mobile au second tems, supposant que tout le tems de sa chute soit divisé en parties égales, ) est double de celle qu'il avoit

CHAP.  
V.

Seconde  
de pen-  
sée de  
Galilée  
pour ex-  
pliquer  
l'aug-  
menta-  
tion de  
vitesse  
au mo-  
ment ac-  
céléré.

L'IV. I. avoit au premier tems ; celle du troi-  
 CHAP. sième tems triple de celle du premier,  
 V. celle du quatrième quadruple du même, & ainsi des autres.

Secon- De là vient que les espaces parcou-  
 de pen- rus, étant en raison composée de cel-  
 sée de les des tems & des vîteses, sont en  
 Galilée. raison doublée, ou comme les quar-  
 pour ex- rez, des uns ou des autres. C'est-à-dire  
 pliquer l'aug- que l'espace parcouru en deux tems à  
 menta- commencer toujours du premier point  
 tion de de sa chute, est quadruple de l'espace  
 vîtesse qui a été passé dans le premier tems ;  
 au mou- l'espace parcouru en trois tems sera  
 vement neuf fois plus grand que l'espace passé  
 accéléré. dans le premier ; l'espace en quatre tems  
 sera à celui du premier comme 16 à  
 1. Et ainsi du reste, selon la suite des  
 premiers quarez.

Ce qui fait que les espaces parcou-  
 rus dans des tems égaux sont entr'eux  
 dans la suite des premiers nombres  
 impairs, 1:3:5:7:9:11:&c. qui sont les  
 différences des premiers quarez.  
 Comme si l'espace parcouru dans le  
 premier tems de la chute est 1, l'espace  
 pas-



passé dans le deuxième sera 3 ou tri- LIV. F.  
ple du premier : & l'espace du troisié- CHAP.  
me tems sera 5 ; au quatriéme moment V.  
l'espace aura 7 : au cinquiéme 9 : & ain-  
si des autres à l'infini.

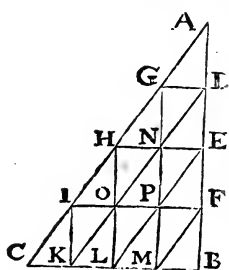
## CHAPITRE VI.

*Explication de la meme pensée.*

Cette doctrine s'explique bien CHAP.  
par le moien d'un triangle, com- VI.  
me A B C dont il faut couper un des Expli-  
côtés comme A B, en autant de par- cation  
ties égales que l'on veut comme A D : de la mêm  
D E : E F : F B ; puis de chacun des me pen-  
points de division D : E : F : , l'on sée.  
mène deux lignes paralleles aux deux  
autres côtés du triangle comme D G,  
D K : E H, E L : F I, F M : & en-  
fin les droites G M : H L : I K : pa-  
ralleles à A B, qui passeront nécessai-  
rement par les points N : O : P : où  
les autres lignes se coupent. Par cet-  
te intersection de lignes il se fait un  
bon nombre de triangles égaux & sem-  
blables tant entr'eux qu'au grand  
Triangle. Ceci

LIV. I.  
CHAP.  
VI.Explication  
de la même  
pense.

Ceci posé: l'on prend toute la ligne AB pour la mesure du tems de la chute d'un corps, & chacune des parties AD : DE: EF: FB: pour des momens égaux. Puis l'on prend la droite GD pour la mesure du premier degré de vitesse acquise par le corps tombant



dans le premier moment AD. Et puis-que, par l'hypothèse, le mobile à chacun des momens égaux de tems acquiert des degrés égaux de vitesse, la vitesse au second moment pourra être déterminée par la ligne EH dans laquelle la ligne NH égale à GD est ajoutée à la même GD ou à son égale EN, & la vitesse du 3<sup>me</sup> moment par la droite FI; dans laquelle OI égale à GD, est ajoutée à OF égale à EH; ainsi la vitesse du quatrième moment, sera entendue par la ligne BC où la droite KC égale à GD, est ajoutée à BK égale à la précédente IF, & ainsi des autres

Main-

Maintenant comme l'on entend que les vîtesſes & les tems croiſſent continuellement en même proportion depuis le point de la chute A; les produits de la composition des uns & des autres, qui font les eſpaces parcourus par le mobile, s'expliqueront bien par les triangles; en-ſorte que l'eſpace paſſé dans le premier moment A D avec un degré de vîteſſe D G ſoit le triangle ADG; & l'eſpace paſſé dans le ſecond moment D E avec deux degrés de vîteſſe EH ſoit le trapeze GDEH; & l'eſpace du troiſième E F avec les trois degrés de vîteſſe F I ſoit le trapeze E H I F; & enfin l'eſpace du quatrième moment F B avec les quatre degrés de vîteſſe B C ſoit le trapeze B C I F.

Car il y a trois triangles dans le trapeze GDEH égaux & ſemblables au premier triangle ADG, cinq triangles dans le trapeze HEFI, & ſept dans le trapeze B C I F. En la même manière que l'eſpace du premier moment étant 1, celui du ſecond eſt 3, celui du 3<sup>me</sup> eſt 5, celui du quatrième eſt 7; & ainſi

LIV. I.  
CHAP.  
VI.Explication de  
la même  
pensée.

des autres. C'est-à-dire que ces triangles, aussi-bien que les espaces, sont entr'eux dans la suite des premiers nombres impairs 1 : 3 : 7 : 9 : 11. &c.

D'où l'on peut connoître pour quelle raison Galilée appelle le mouvement uniformement accéléré, *celui qui partant du point du repos, acquiert en tous les momens égaux de tems, des degrés égaux de vitesse.*

## CHAPITRE VII.

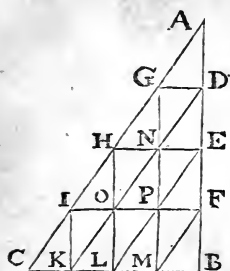
*Proprietez du mouvement accéléré.*

CHAP.  
VII.Proprietez  
du mouvement  
accéléré.

CE mouvement sur cette hypothèse a des proprietez admirables, dont voici les principales.

I. Si un mobile est porté d'un mouvement égal & uniforme avec un degré de vitesse égal à celui qu'il auroit aquis par le mouvement accéléré tombant d'une certaine hauteur en un certain tems ; il parcourra dans un tems égal, un espace double de celui qu'il avoit passé en tombant depuis le commencement de sa chute.

te.



te. Car l'espace, L I V. I.  
 D G N E que le CHAP.  
 mobile passeroit VII.  
 d'un mouvement Pro-  
 égal & uniforme prietés  
 dans le moment du mou-  
 D E, avec le dé- vement  
 gré de vitesse G D, accélé-  
 est double de l'es-

pace A D G qu'il a passé dans un moment égal, d'un mouvement accéléré depuis le point de sa chute A.

2. Un mobile porté sur des plans diversement inclinés, acquiert un même degré de vitesse par tout où il y a même hauteur perpendiculaire.

3. Les tems qu'un mobile emploie à passer sur des plans égaux & diversement inclinés, & qui ont même hauteur perpendiculaire, sont entr'eux comme les longueurs des mêmes plans.

4. Les tems qu'un mobile emploie à passer sur des plans égaux & diversement inclinez, sont entr'eux en raison sous doublée & reciproque de

la hauteur perpendiculaire des mêmes plans.

Propriétés  
du mou-  
vement  
accélère.

5. Dans un cercle élevé à plomb, un mobile est autant de tems à passer par le quart de cercle que par aucun de ses arcs moindres que le quart.

6. Un mobile passera sur les plans posés suivant les cordes de tous les arcs du cercle qui commencent ou finissent à l'un des bouts du diamètre perpendiculaire, dans le même tems qu'il parcourra le même diamètre.

7. Le tems du mouvement du mobile au long de l'arc, est moindre que celui du mouvement du même mobile au long de la corde du même arc, quoi que l'arc soit plus grand que sa corde; &c.

*Suites admirables des propriétés du  
mouvement*

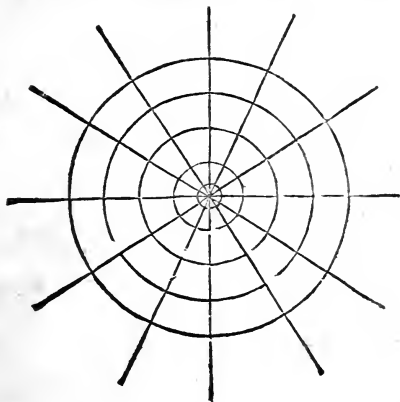
Suites  
admirables  
des  
propriétés  
du  
mouvement.

AU reste quoi que le mouvement égal & uniforme, & celui qui est uniformement accéléré soient d'une

ne

ne nature si différente : l'on voit néanmoins naître d'eux les mêmes cercles & les mêmes sphères. Car si l'on

Suites  
admirables des  
propriétés du  
mouvement.

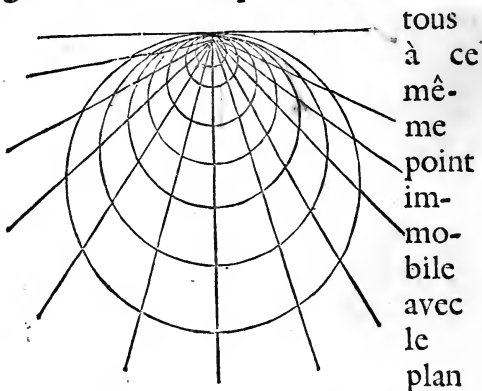


suppose une infinité de lignes droites se coupant toutes en un même point s'étendre de toutes parts, sur lesquelles des mobiles partant du même point en même moment soient entendus se mouvoir tous d'un mouvement égal & uniforme; ces mobiles se trouveront toujours dans la circonférence de mêmes cercles qui peuvent être décrits & plus grans & plus grans à l'infini, autour de ce même point comme d'un

Suites  
admirables des  
propriétés du  
mouvement.

centre; & dont ces mêmes lignes droites seront les demi-diamètres.

Mais si vous entendez que des mobiles, tombant en même moment du même point, soient portés vers le centre avec un mouvement uniformément accéléré au long des mêmes lignes; ces mobiles se trouveront toujours dans la circonférence des mêmes cercles & plus grans & plus grans à l'infini, qui se toucheront



horizontal, que l'on y fera passer; & ces droites seront les cordes des arcs de ces cercles

Au reste comme il est difficile de  
com-



comprendre qu'un mobile puisse d'a-  
 bord acquérir un degré de vitesse dé-  
 terminé, sans avoir passé par tous les  
 degrés précédens de moindre véloci-  
 té ; on peut ici juger pour quelle rai-  
 son les Anciens ont été persuadés que  
 les sentimens de Platon avoient quel-  
 que chose de divin. Car ce Philoso-  
 phe dit sur ce sujet que Dieu ayant,  
 peut-être, créé les Astres dans un mê-  
 me lieu de repos, les avoit laissé dans  
 la liberté de se mouvoir en ligne droi-  
 te & vers un même point, à la ma-  
 nière des choses péfantes qui sont por-  
 tées vers le centre de la terre, jusqu'à  
 ce qu'ayant dans leur chute passé par  
 tous les degrés de vitesse, ils eussent  
 acquis celui qui leur étoit destiné, a-  
 près quoi il avoit converti ce mouve-  
 ment droit & accéléré en mouve-  
 ment circulaire pour le rendre égal  
 & uniforme, afin qu'ils pûssent le  
 conserver éternellement.

L I V. I.  
 CHAP.  
 VIII.

Suites  
 admirables des  
 propriétés du  
 mouve-  
 ment.

Ce qu'il y a de plus admirable dans  
 cette pensée, c'est que les propor-  
 tions qui se trouvent entre les distan-

LIV. I.  
CHAP.  
VIII.

Suites  
admirables des  
propriétés du  
mouvement.

ces des Astres & les différences de la vitesse de leurs mouvements, se trouvent assez conformes aux suites de ce raisonnement ; & qu'il ne seroit, peut-être , pas absolument impossible de déterminer la situation de ce premier lieu de repos, d'où ils auroient tous commencé de se mouvoir.

# CHAPITRE IX.

*Raisonnement sur les deux pensées de Galilée.*

CHAP.  
IX.

Raisonnement sur les deux pensées de Galilée.

**V**oilà donc en peu de discours les deux opinions rapportées par Galilée pour expliquer la nature du mouvement des corps qui tombent, lesquelles sont fondées sur des raisons assez également probables, & marchent sur des proportions si prochaines, qu'il est presque impossible à l'esprit humain de les discerner par l'expérience, ou de les convaincre de faux dans les hauteurs qui sont à nôtre connoissance.

Ce qui se confirme par la proximité des nombres dont on mesure les espaces

ces qui se parcourent en l'une & en l'autre de ces hypothèses dans les mêmes tems. Car si l'on suppose qu'il se fasse un espace au premier moment ; il s'en fera  $3$  moins  $\frac{1}{12}$  au second dans la première supposition, & seulement  $3$  dans la dernière ; au troisième moment il se parcourra  $5$  moins  $\frac{1}{6}$  dans la première, &  $5$  dans l'autre ; au quatrième l'espace sera  $7$  moins  $\frac{1}{4}$  dans l'une, &  $7$  dans l'autre ; au cinquième moment il sera  $9$  moins  $\frac{1}{3}$  dans l'une, &  $9$  dans l'autre ; & ainsi consécutivement à l'infini. Où l'on voit que les différences sont si petites & si peu reconnoissables dans les plus grandes hauteurs où nous pouvons faire les expériences, qu'il est moralement impossible de juger avec certitude de la vérité ou de la fausseté de l'une ou de l'autre de ces deux opinions.

Il est vrai néanmoins que Galilée, après avoir parlé de la première dans ses Dialogues du Systeme du monde, d'une manière à faire croire que ce fut son véritable sentiment, s'explique

LIV. I.  
CHAP.  
IX.

Rai-  
sonne-  
ment sur  
les deux  
pensées  
de Gali-  
lée.

affirmativement sur la dernière dans le livre du Mouvement qu'il a composé tout exprès pour ce sujet ; où il assure sans balancer que cette hypothèse est celle qu'il tient pour véritable & par la force de la raison & par la conformité de plusieurs expériences.

## Théorie du mouvement de projection.

## CHAPITRE PREMIER.

*Espèces différentes du mouvement de projection.*

**A**U reste il a falu dire la plupart des choses que nous avons expliquées sur la nature du mouvement naturel qui convient aux corps pésants qui tombent vers le centre de la Terre, pour bien comprendre ce que nous allons remarquer sur la nature du mouvement violent, qui est le propre des Corps jettez, c'est-à-dire de ceux qui sont portés par l'impression d'une force qui leur est communiquée par une cause externe ; & pour faire connoître quelle est la ligne que ces corps jettés décrivent dans l'air par leur passage :

Ce mouvement donc, que nous pouvons appeller *mouvement de Projection*, se fait perpendiculairement ou vers le haut ou vers le bas, ou bien horizon-

CHAP. I.

Espèces différentes du mouvement de projection.

LIV. II. rizontalement vers les côtez , ou en-  
 CHAP. I. fin suivant quelque ligne de direction  
 entre la perpendiculaire & l'horizon-  
 tale.

---

 CHAPITRE II.

*Mouvement perpendiculaire en haut ou en bas.*

CHAP.  
 II.

Mou-  
 vement  
 perpen-  
 diculaire  
 en haut  
 ou en  
 bas.

**C**elui qui se fait perpendiculaire-  
 ment vers le haut est continuel-  
 lement arrêté ou retardé par la pèsan-  
 teur du corps jetté , laquelle entraî-  
 nant continuellement ce corps en bas,  
 fait que son mouvement va toujours  
 en diminuant, & qu'il ne dure que tant  
 que la force de l'impression qui le por-  
 te en haut, & qu'il a de la cause qui l'a  
 jetté, se trouve supérieure à celle de se  
 porter vers le bas , qui lui vient de sa  
 gravité: car le corps jetté cesse de mon-  
 ter au moment que les deux impressi-  
 ons deviennent égales, & il commence  
 à tomber aussitôt que celle de la pèsan-  
 teur commence à prévaloir sur l'autre.

Où il faut remarquer que les espa-  
 ces parcourus par le mobile jetté vers  
 le haut , sont en proportion récipro-  
 que

que de ceux qui sont parcourus dans les mêmes tems par le mobile tombant. C'est-à-dire que les vîtesſes diminuent en montant en la même proportion inverſe qu'elles augmentent en deſcendant ; d'où il arrive que le même corps paſſe par les mêmes eſpaces dans des tems égaux en montant & en deſcendant.

Car ſi l'on entend que tout le tems qu'un mobile employe à monter , eſt diviſé en un certain nombre de parties égales, comme par exemple en cinq ; il eſt conſtant que ſi l'eſpace qu'il parcourt au premier tems contient 9 meſures , celui du ſecond tems en contiendra 7 , celui du troiſième 5 , celui du quatrième 3 , & enfin l'eſpace parcouru au cinquième ou dernier tems, n'aura que 1 de ces meſures, juſqu'au moment où il ſe trouve en équilibre ſans monter ni deſcendre : & qu'aſſi-tôt qu'il deſcend , il parcourt par proportion inverſe les mêmes eſpaces dans les mêmes tems ; c'eſt-à-dire qu'au premier tems il deſcend 1 meſure

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Mouvement  
perpen-  
diculaire  
en haut  
ou en  
bas.

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Mou-  
vement  
perpen-  
diculaire  
en haut  
ou en  
bas.

re, au second 3, au troisiéme 5, au quatriéme 7, & enfin au cinquiéme ou dernier 9 : mettant par ce moyen autant de tems précisément à descendre qu'il en a employé à monter.

Le mouvement de projection fait à plomb vers le bas, reçoit une nouvelle impression de vîtesse par l'augmentation de celle que le corps acquiert par sa seule gravité en tombant.

L'une & l'autre de ces projections perpendiculaires, soit en haut soit en bas, comparée à nous, se fait toujours par une ligne droite, à laquelle la pésanteur du corps jetté n'altère rien quant à la direction; le changement qu'elle y apporte est seulement qu'elle accourcit la droite du mouvement vers le haut, & qu'elle allonge celle du mouvement vers le bas.



*Mouvement de projection horizontale.*Mou-  
vement  
de proje-  
ction  
horizon-  
tale.

**I**L n'en est pas de même du mouvement des corps jettez horizontalement ou à côté ; car la pésanteur apporte beaucoup d'altération à la ligne de leur direction , laquelle ne peut pas demeurer droite ; au contraire elle devient courbe en changeant de route.

Et parce que nous ferons voir dans la suite , que cette courbe est une es-  
pèce de ligne régulière , que les Géomètres appellent *ligne Parabolique* , qui se fait sur la surface d'un Cone coupé par un plan dont l'axe est parallel au côté du même Cone ; il est nécessaire , avant que de passer outre , de donner ici quelque connoissance de cette ligne & de quelques unes de ses proprietez qui font à nôtre sujet.

CHA-

LIV. II.  
CHAP.  
IV.

CHAPITRE IV.

*Naissance & propriété de la ligne  
Parabolique.*

Naissance & propriété de la ligne parabolique.

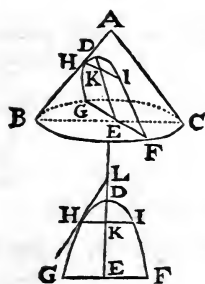
Soit donc un Cone BAC, qui a le point A pour sommet & le cercle BGCF pour base, coupé premièrement par le sommet A suivant le diamètre de la base BC; il est constant qu'il naîtra de cette coupe le triangle ABC que l'on appelle *le triangle par l'axe du Cone*. Soit maintenant dans le plan de la base du Cone mené, de quelque point que ce soit, la droite FG coupant la diamètre BC à angles droits, comme au point E; d'où la ligne ED soit élevée dans le plan du triangle par l'axe, parallele au côté AC, & rencontrant en D l'autre côté AD du même triangle; & soit entendu un plan mené par les droites DE : GF, il paroît que ce plan coupera le cone & qu'il tracera par cette section sur sa surface convexe, une ligne courbe GHDIF, qui est celle dont nous parlons, que les Anciens

ont

ont appelé *ligne parabolique*; & *Parabole* la figure comprise entre cette ligne courbe & la ligne droite G F; dans laquelle parabole la ligne E D s'appelle *l'axe*, G F; la *base* ou *l'amplitude*, & les droites comme H K & K I parallèles à la base, s'appellent les *Ordonnées*.

LIV. II.  
CHAP.  
IV.

Naissance & propriétés de la ligne parabolique.



Les principales propriétés de cette figure, sont que les portions de l'axe sont entr'elles en raison doublée des ordonnées qui leur répondent. C'est-à-dire que la partie de

l'axe E D est à la partie D K en raison doublée, ou comme le carré de l'ordonnée G E au carré de l'ordonnée H K. D'où vient que si G E est double de K H, la droite E D sera quadruple de D K; & si G E est triple de K H, E D contiendra D K neuf fois, & ainsi des autres.

L'autre propriété est celle-ci : continuant

LIV. II.  
CHAP.  
IV.

Naissance & propriété de la ligne parabolique.

tinuant l'axe  $ED$ , & prenant en dehors une portion comme  $DL$ , égale à  $DK$ ; si vous joignez les points  $H$  &  $L$  par une droite  $HL$ , elle touchera la ligne parabolique au point  $H$ .

---

CHAPITRE V,

*La ligne de la projection horizontale est parabolique.*

CHAP.  
V.

La ligne de la projection horizontale est parabolique.

**C**Eci posé : pour rechercher quel est la ligne des corps jettez horizontalement ? Imaginons nous qu'une boule de matière uniforme, tres dure & parfaitement ronde, est mise sur un plan parfaitement dur & uni, & également éloigné de toutes parts du centre de la Terre. Il est premièrement certain que la boule ne touchera le plan qu'en un seul point, qui sera dans la droite venant du centre de la Terre à celui de la boule; & qu'elle demeurera en repos en cet état, dans lequel il n'y a point de raison qui la fasse plutôt mouvoir d'un côté que d'autre : car la matière étant égale & uniforme, les momens de pé-

pésanteur de ses parties autour du centre sont égaux.

LIV. II.  
CHAP.  
V.

Mais si elle reçoit impression de quelque cause externe, qui la détermine vers quelque endroit; il est encore vrai de dire que cette boule sera muë, parce que cette force imprimée à ôté l'équilibre de ces momens des parties qui sont autour de son centre: & que son mouvement sera perpétuel si l'on suppose qu'il n'ait aucun empêchement de dehors; parce qu'il n'y a rien au dedans qui puisse arrêter ou changer cette direction de ses parties vers un endroit déterminé, laquelle lui a été une fois imprimée.

La ligne de la projection horizontale est parabolique.

De plus comme il est encore véritable qu'il n'y a rien de défini dans l'extension ou grandeur de cette force d'impression qui a été communiquée à la boule; & que cette force a pû être plus grande & plus grande à l'infini: il est aussi constant que la vitesse du mouvement de cette boule a pû être en la même manière plus grande & plus grande à l'infini;

LIV. II. fini ; & qu'elle a pû persévérer tou-  
 CHAP. jours dans un mouvement uniforme ,  
 V.

La li- avec ce degré de vîtesse.

gne de  
 la pro-  
 jection  
 horizon-  
 tale est  
 parabo-  
 lique.

Et c'est ainsi que l'on peut expliquer avec apparence , l'uniformité, l'égalité, & la durée perpétuelle du mouvement des Corps celestes , qui , peut-être , ont reçu dans le tems de leur création cette impression de vîtesse déterminée qu'ils conservent toujours également par leur mouvement circulaire, dans lequel ils ne trouvent aucun empêchement qui leur résiste.

Maintenant dans le tems que cette boule se meut suivant cette position , avec quelle vîtesse que ce soit , sur ce plan horizontal ; si nous concevons que ce plan qui la soutient est ôté tout à coup , & que la boule soit laissée dans une entière liberté de se mouvoir selon son inclination : il est vrai qu'elle continuera son premier mouvement suivant l'impression qu'elle avoit & vers la même part où elle alloit , lors-qu'elle se mouvoit sur le plan: mais qu'à l'arrivée d'une nouvel-  
 le

le impression que sa propre gravité lui communique & dont l'effet étoit auparavant arrêté par le plan, elle sera contrainte de se détourner de la droite de sa direction, & de s'abaisser insensiblement dans la suite de son mouvement.

LIV. II.  
CHAP.  
V.

La ligne de la projection horizontale est parabolique.

Ainsi elle décrira dans son passage une ligne formée par ces deux mouvemens, dont l'un est égal & uniforme qui lui vient de la première impression; c'est-à-dire de l'impulsion du corps qui l'a poussée; & l'autre est uniformément accéléré qui lui est communiqué par sa propre pésanteur.

Et comme les espaces parcourus dans un mouvement égal sont en même proportion que les tems, au lieu que ceux qui sont parcourus dans un mouvement accéléré sont en raison sous doublée des mêmes tems; il naît de la composition de ces deux mouvemens la même proportion qui se rencontre, comme nous avons dit ci-devant, entre les portions de l'axe & les ordonnées de la Parabole, qui par

con-

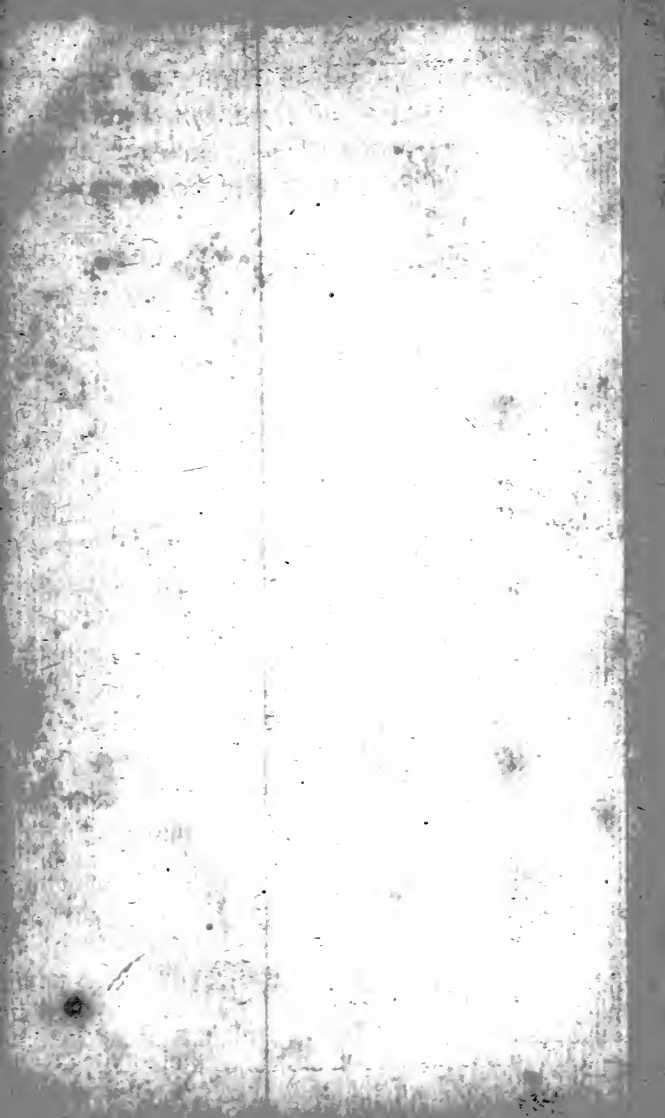
LIV. II. conséquent est la nature de la li-  
 CHAP. gne courbe que cette boule décri-  
 V. roit dans son passage , ou tout autre

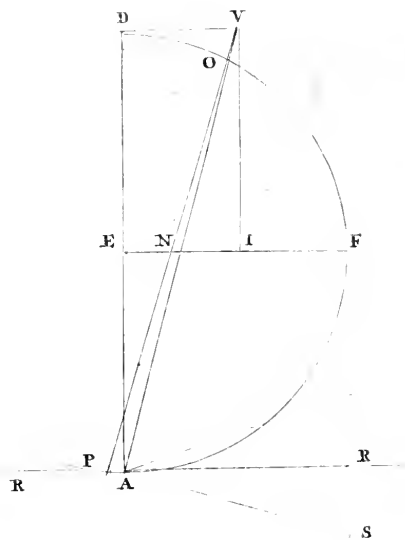
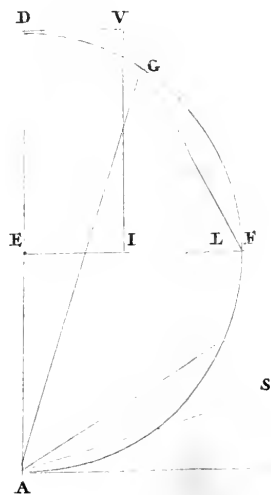
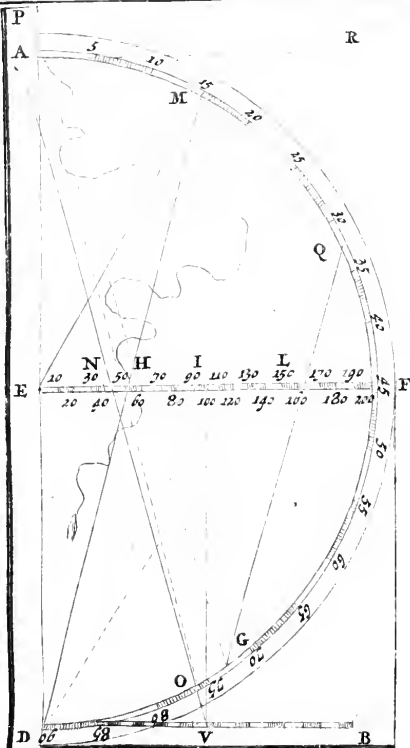
La li- roit dans son passage , ou tout autre  
 ne de la mobile qui seroit jetté horizontale-  
 proje- ment.  
 ction

horizon-  
 tale est  
 parabo-  
 lique.

Comme si nous comprenons que le corps qui a été jetté horizontalement suivant la ligne de direction A B , a parcouru dans le premier moment de tems l'espace A C par le mouvement égal de l'impulsion , & l'espace C F par le mouvement accéléré de sa pesanteur ; il est constant que dans le second moment , il parcourra l'espace C D égal au premier A C par le mouvement égal , & l'espace O G triple de C F par l'accéléré ; & que la toute D G ou A L fera quadruple de C F ou A K. Ainsi dans le troisième moment il passera l'espace D E égal à A C par le mouvement égal , & l'espace P H quintuple de C F par l'accéléré ; & la ligne E H ou A M sera à C F ou A K comme 9 à 1. Enfin dans le quatrième moment il parcourra l'espace



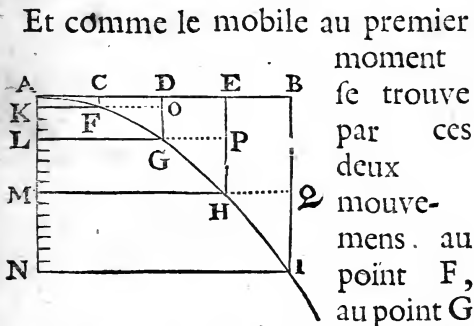




space  $EB$  égal à  $AC$  par le mouvement égal, &  $QI$  septuple de  $CF$  par l'accélééré; &  $BI$  ou  $AN$  sera à  $C$   $F$  ou  $AK$  comme 16 à 1. & ainsi des autres.

LIV. II.  
CHAP.  
V.

La ligne de la projection horizontale est parabolique.



Et comme le mobile au premier moment se trouve par ces deux mouvements au point  $F$ , au point  $G$  dans le second, au point  $H$  dans le troisième, & au point  $I$  dans le quatrième; il paroît que la courbe  $AFGHI$  sera décrite par son passage; dans laquelle la ligne  $AN$  étant à  $AK$  comme 16 à 1; & à  $AB$  à  $AC$ , c'est-à-dire  $NI$  à  $KF$ , comme 4 à 1; le diamètre ou l'axe  $AN$ , est à sa portion  $AK$  en raison doublée de celle de l'ordonnée  $NI$  à l'ordonnée  $KF$ . Ainsi la raison de  $AM$  à  $AK$  qui est de 9 à 1, est doublée de celle  $MH$  à  $KF$ , c'est-

LIV. II.  
CHAP.  
V.

La li-  
gne de la  
projecti-  
on hori-  
zontale  
est para-  
bolique.

c'est-à-dire de A E à A C qui est de 3 à 1. Et celle de A L à A K qui est de 4 à 1, doublée de celle L G à K F, c'est-à-dire de A D à A C qui est de 2 à 1. Et partant que la courbe AFGHI décrite par le passage du mobile jetté horizontalement, est celle que l'on appelle *ligne Parabolique*, dont le sommet est A, l'axe est à A N, & les ordonnées sont K F : L G : M H : N I, &c.

---

## CHAPITRE VI.

*Les lignes des projections obliques sont aussi paraboliques.*

CHAP.  
VI.

Les li-  
gnes des  
projecti-  
ons obli-  
ques  
sont aus-  
si para-  
boliques.

**N**ous pouvons avec un raisonnement semblable faire voir que les projections qui se font obliquement & suivant des directions inclinées entre l'horizontale & la perpendiculaire, décrivent des lignes Paraboliques aussi bien que les projections horizontales.

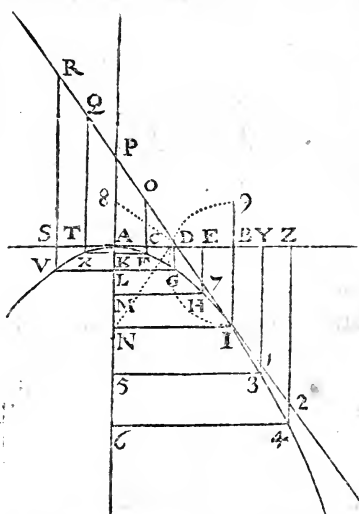
Car nous servant de la même figure, si nous menons la droite I P continuée de part & d'autre qui touche la parabole

bole AGI en I, & coupé son axe N LIV. II.  
 A prolongé en P. Il est premièrement CHAP.  
 constant, ( parce que nous avons re- VI.  
 marqué ci-devant pour une des prin- Les li-  
 cipales proprietez de la ligne Parab- gnes des  
 olique, ) que la ligne A P sera égale à proje-  
 A N ou B I, & la droite A D égale à ctions  
 DB, & continuant F C en O, la droi- obliques  
 te I P sera coupée en portions égales sont auf-  
 aux points 7 : D : O, comme la droi- si para-  
 te AB l'est aux points C : D : E. boli-  
 ques.

Maintenant si nous entendons qu'un mobile soit poussé suivant la direction de la ligne IP par une puissance qui soit d'autant plus grande que celle qui le pouffoit suivant la direction horizontale AB, que l'inclinée IP est plus grande que l'horizontale AB ; c'est-à-dire que la vitesse imprimée à ce second mobile soit à la vitesse imprimée au premier comme IP est à AB : il sera vrai de dire, en faisant abstraction de la pesanteur, que ce mobile parcourra, d'un mouvement uniforme & égal, toute la longueur IP au même tems que le premier a parcouru la

LIV. II. longueur AB; & que le second pas-  
 CHAP. sera par les espaces égaux I 7: 7: D:  
 VI.

Les  
 lignes  
 des pro-  
 jections  
 obliques  
 sont auf-  
 si para-  
 boli-  
 ques.



DO: O  
 P: dans  
 les mê-  
 mes  
 tems  
 que le  
 premier  
 a passé  
 par les  
 espaces  
 égaux  
 de l'ho-  
 rizonta-  
 le AC:  
 CD: D

E: EB. Mais dans le tems que le  
 premier de ces mobiles a passé d'un  
 mouvement égal l'espace AC, il est  
 descendu par sa propre gravité, d'un  
 mouvement accéléré, de la longueur  
 de la ligne AK ou CF. Donc, dans le  
 tems que ce second mobile passera  
 d'un mouvement égal par l'espace I  
 7, il descendra d'un mouvement ac-  
 cé-

céléré de la même hauteur perpendiculaire AK ou 7 H. Et en deux tems parcourant d'un mouvement égal les deux espaces ID, il descendra, par le mouvement accéléré de sa pésanteur, à la hauteur perpendiculaire AL ou DG. Ainsi en trois tems il passera également les trois espaces IO, & l'espace AM ou OF par l'accéléré. Et en quatre tems les quatre espaces IP par le mouvement égal, & l'espace AN ou AP par l'accéléré. C'est-à-dire que l'espace perpendiculaire 7 H égal à AK étant 1; DG égal à AL sera 4; OF égal à AM sera 9; AP égal à AN sera 16; &c. Et partant ce second mobile décrira par ces deux mouvemens la ligne courbe IHGA. Mais cette courbe est la même Parabolique que le premier des mobiles porté horizontalement, a décrite, ( ainsi que je vais le faire voir. ) Donc la ligne décrite par un mobile jetté suivant une direction oblique entre la perpendiculaire & l'horizontale, comme suivant

Les lignes des projections obliques sont aussi paraboliques.

LIV. II. la direction de la droite IP, est une  
CHAP. ligne Parabolique  
VI.

Les  
lignes  
des pro-  
jections  
obliques  
sont auf-  
si para-  
boli-  
ques.

Pour connoître que la Courbe IHGFA est la parabole tracée par le mobile porté suivant l'horizontale AB; il ne faut que considérer que les lignes AC:CD:DE:EB:étant égales, la droite AP étant de 16 parties, C O sera de p.8. Mais OF est de p.9; donc le reste CF sera de p. 1. Ainsi BI égal à AP est aussi de p. 16, & partant E 7 est de p.8; & 7 H étant de p. 1; la toute EH est de p. 9. Donc CF ou AK étant p 1; DG ou AL est p.4; EH ou AM p.9, & BI ou AN est p. 16. Comme AC ou KF étant 1; AD ou LG est 2; AE ou MH est 3; & AB ou NI est 4. Où l'on voit que les portions de l'axe AN sont entr'elles comme les quarrés des ordonnées & que la courbe parabolique IHGFA, décrite par le second mobile suivant la direction oblique IP, est la même que la courbe parabolique AFGHI, décrite par le premier des mobiles suivant la direction horizontale AB. Ce qu'il falloit démontrer.



Le sommet de l'une & l'autre de ces paraboles étant en A, l'on pourra faire voir que la projection oblique suivant IP étant continuée décrira la même parabole de l'autre part. Car prenant les espaces PQ: QR égaux à P O: O D & menant les droites Q T X: R S V parallèles à l'axe AP; les portions A T, T S seront aussi égales aux portions A C, C D; & la droite AP étant de p. 16; QT sera de p. 24, & RS de p. 32,

Maintenant si l'on entend que le mobile partant du point I ait passé en quatre tems la droite I P par le mouvement égal, & soit descendu de toute la longueur perpendiculaire P A de p. 16 par le mouvement accéléré de sa pesanteur; il passera la droite I Q en cinq tems par le mouvement égal, & descendra cependant de la hauteur perpendiculaire Q X de p. 25 par l'accélééré; & en six tems il parcourra IR également & la hauteur R V de p. 36 par sa pesanteur. Otant donc la longueur Q T ou p. 24, de la toute Q X de p. 25. & la lon-

LIV. II.  
CHAP. VI.

Les lignes des projections obliques sont aussi paraboliques.

LIV. II.  
CHAP.  
VI.

Les  
lignes  
des pro-  
jections  
obliques  
sont aus-  
si para-  
boli-  
ques.

gueur R S ou p. 32 de R V ou p. 36; il restera p. 1 pour TX & p. 4 pour SV; c'est-à-dire que TX sera égale à AK ou CF. SV à AL ou DG. Ce qui marque que la courbe qui passe par les points X & V décrite par le mobile jetté du point I suivant la direction oblique I P R; est la même que celle qui passe par F & G c'est-à-dire la même parabole continuée.

Posons maintenant que le mobile partant du point I suivant la direction PI, est porté en bas vers I. 2; je dis que la ligne courbe I. 3. 4 qu'il décrira par son passage, est aussi la même parabolique AFGI continuée.

Car prenant dans la ligne P I continuée en bas les espaces I 1, 1. 2 égaux à I 7, 7 D, & menant les droites 3. 1. Y: 4. 2. Z parallèles à I B c'est-à-dire à l'axe A N, qui couperont l'horizontale A B prolongée, & feront les portions B Y, Y Z égales aux portions BE, ED. Il est constant que le mobile poussé avec la même force en bas, parcourra d'un mou-  
ve.

vement égal les espaces I. 1, 1. 2 en LIV. VI.  
même tems qu'il a parcouru en. CHAP.  
II.

haut les espaces égaux I 7, 7 D; & Les li-  
que lors qu'il aura passé le premier gnes des  
espace I 1 par le mouvement égal; il projecti-  
fera descendu par le mouvement ac- ons obli-  
céléré de sa gravité, de la hauteur ques sont  
perpendiculaire 1. 3 égale à 7 H ou A aussi pa-  
K de p. 1, & qu'il descendra de la raboli-  
hauteur 2. 4 égale à DG ou AL ques.  
de p. 4 par le mouvement de sa pésanteur,  
quand il aura passé en deux tems les  
deux espaces I. 1, 1. 2 par le mouve-  
ment égal. Maintenant dans le trian-  
gle D 2 Z, la droite I B étant de p. 16,  
Y 1 sera de p. 24; & Z 2 de p. 32;  
& partant la toute Y 3 sera de p. 25,  
& Z 4 de p. 36. C'est-à-dire que les  
points I : 3 : 4 : seront dans la parabo-  
le AFGHI continuée, puis-que la droi-  
te Z 4 c'est-à-dire la portion du diame-  
tre A 6 de p. 36, est à la portion AK  
de p. 1, comme le quarré de A Z ou  
de l'ordonnée 6. 4, est au quarré de  
A C ou de l'ordonnée K F.

*Manière de mesurer les différens degrés de la force imprimée au mobile jeté.*

Manière de mesurer les différens degrés de la force imprimée au mobile jeté.

**I**L paroît par tout ce raisonnement que les paraboles ont d'autant plus d'étendue que la force ou la vîtesse imprimée au mobile porté suivant une direction horizontale, est plus grande. Et comme cette vîtesse peut être plus grande en une infinité de manières différentes; Galilée n'a point trouvé de moyen plus assuré pour les réduire sous des mesures connues, qu'en supposant que le mobile a aquis cette force ou ce degré de vîtesse en tombant d'une certaine hauteur. Car puis-qu'un mobile en tombant acquiert à chaque moment de sa chute un nouveau degré de vîtesse, il n'y a point de vîtesse si grande, à laquelle le mobile ne puisse arriver, supposé qu'il n'y ait point d'empêchement du dehors; ainsi la différence des degrés de vîtesse peut-être commodément entendue par la différence des hauteurs d'où

d'où l'on peut supposer que le mobile est tombé.

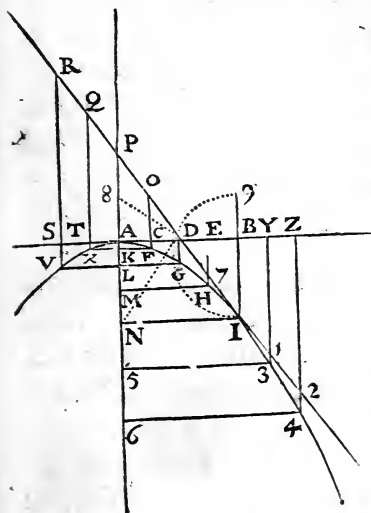
Pour bien entendre ceci, il faut dans la figure dont nous nous sommes servis, mener les droites ND & D 8 en sorte que l'angle ND 8 soit droit, afin que A D soit moyenne Geometrique

LIV. II.  
CHAP.  
VII.

Ma-  
nière de  
mesurer  
les diffé-  
rens dé-  
grez de  
la force  
imprimée au  
mobile  
jeté.

entre A  
8 & A  
N, & 8  
D mo-  
ienne

entre 8  
A & 8  
N. Ceci  
posé Ga-  
lilée dit  
que si  
l'on en-  
tend que  
le mobi-  
le soit



tombé perpendiculairement du point 8 en A, & que son mouvement soit en-suite converti en mouvement égal suivant la direction hori-

K s                      zon-

Manière de  
mesurer  
les diffé-  
rens dé-  
grez de  
la force  
imprimée au  
mobile  
jeté.

zontale  $AB$ , avec le degré de vitesse acquis par sa chute; il décrira par son passage la parabole  $AEGHI$ .

Car comme les espaces parcourus par un mobile tombant sont entr'eux en raison doublée de celle des tems de leur chute; si nous prenons la droite  $8A$  pour mesure du tems que le mobile a employé à passer l'espace  $8A$  en descendant du point du repos  $8$ : cette ligne sera à celle qui est la mesure du tems que le mobile emploiera à passer l'espace  $AN$  en descendant du point de repos  $A$ , en raison doublée de celle que la même ligne  $8A$  a, à la droite  $AN$ : c'est-à-dire que le carré de la droite  $8A$  sera au carré de cette droite, comme la même  $8A$  est à  $AN$ . Mais comme  $8A$  est à  $AN$ , ainsi le carré de  $8A$  est au carré de  $AD$ . Donc la droite  $AD$  sera la mesure du tems du passage du mobile par l'espace  $AN$ .

Maintenant comme il a été démontré par Galilée, qu'un mobile porté d'un mouvement égal avec un degré de

de vitesse aquis en tombant de quelque hauteur, parcourt dans un tems égal à celui de sa chute, un espace double de celui qu'il a parcouru en tombant: c'est-à-dire que le mobile porté d'un mouvement égal suivant la direction  $AB$ , avec le degré de vitesse aquis par sa chute du point de repos  $A$ , parcourt dans le tems  $SA$  un espace double de la droite  $SA$ ; il s'ensuit que dans le tems  $AD$  il parcourra avec la même vitesse un espace double de la droite  $AD$ ; c'est-à-dire l'espace  $AB$  ou  $NI$ . Mais nous venons de faire voir que le même mobile partant du point de repos  $A$ , passoit en descendant l'espace  $AN$  dans le même tems  $AD$ . Donc dans le tems qu'il parcourra horizontalement la droite  $AB$  d'un mouvement égal, il descendra de toute la hauteur  $AN$  du mouvement accéléré; & par la composition de ces deux mouvemens il décrira la Parabole  $AFGHI$ ; car on ne sauroit mener d'autre parabole que celle-là qui passe par les point  $A$  &  $I$ .

LIV. II.  
CHAP.  
VII.

Maniere de mesurer les différens degrés de la force imprimée au mobile jeté.

LIV. II.  
CHAP.  
VII.

Ma-  
nière de  
mesurer  
les diffé-  
rens dé-  
grez de  
la force  
impri-  
mée au  
mobile  
jeté.

Où l'on voit que les vîteses ou les forces acquises ou imprimées étant entr'elles en même raison que les tems, la vîtesse ou la force acquise par la chute 8 A, c'est-à-dire la force ou la vîtesse du mouvement horizontal étant mesurée par la droite A 8, la mesure de la force ou de la vîtesse acquise au point N par la chute AN sera la droite AD.

Nous avons dit ci-devant qu'une force ou vîtesse qui seroit à la force ou vîtesse horizontale comme la touchante IP est à la touchante AB ou NI; c'est-à-dire comme DP est à DA; porteroit le mobile en montant ou en descendant suivant la direction IP par les points de la même parabole AFGHI. Pour déterminer quelle est cette force, supposé que l'horizontale AB soit mesurée par la droite A 8 ? il faut raisonner en cette manière.

La droite AN étant égale à AP, les deux DP & DN sont aussi égales; & partant AD est à DN, comme la vîtesse horizontale AB est à la vîtesse sui-



suivant la touchante IP; mais comme AD est à DN, ainsi A 8 est à 8 D. Donc A 8 est à 8 D, comme la force horizontale est à l'inclinée par IP: Maintenant posant la droite A 8 pour mesure de l'espace que le mobile a parcouru en tombant pour acquérir la force horizontale A 8, elle sera à l'espace qu'il faudra qu'il parcoure pour acquérir la force inclinée 8 D, en raison doublée de la ligne A 8 à 8 D, c'est-à-dire comme A 8 est à 8 N; & partant l'étendue 8 N sera celle de la chute du mobile pour acquérir la force ou la vitesse 8 D. Donc la force horizontale AB ayant été acquise par la chute 8 A, la force inclinée IP sera acquise par la chute 8 N.

Galilée appelle dans cette parabole AFGHI, la droite AN *la hauteur*, NI *la moitié de son amplitude*, & 8A *la sublimité*: où l'on voit que la hauteur & la sublimité jointes ensemble font la mesure de l'espace qu'il faut que le mobile parcoure en tombant pour acquérir la force qu'il doit avoir pour dé-

LIV. II.  
CHAP.  
VII.

Manière de mesurer les différens degrés de la force imprimée au mobile jetté.

LIV. V.  
CHAP.  
VII.

Manière de  
mesurer  
les diffé-  
rens dé-  
grez de  
la force  
imprimée au  
mobile  
etc.

crire la même parabole suivant la tangente menée à l'extrémité de son amplitude. L'on voit de plus que la moyenne Géométrique entre la hauteur & la sublimité d'une parabole est égale au quart de son amplitude.

Ainsi continuant la droite I B jusqu'en 9, en sorte que B 9 soit égale à A 8 comme B D est égale à A D; la droite B D sera moyenne entre I B & B 9; & le demi-cercle fait sur le diamètre I 9, passera par le point D; & dans ce demi-cercle, B 9 sera la sublimité de la même parabole, décrite suivant la direction horizontale, B I sera la hauteur, & B D le quart de l'amplitude. Et le diamètre entier I 9 sera la sublimité de la même parabole décrite suivant la direction de la touchante I P.

## CHAPITRE VIII.

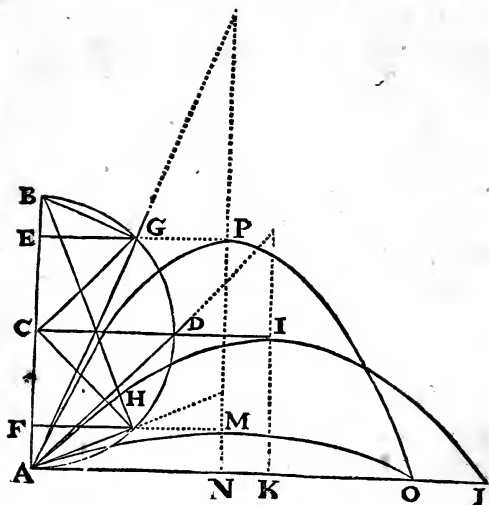
*Proportion des amplitudes des Paraboles & des sinus du double des angles de leurs touchantes.*

LIV. II.  
CHAP.  
VIII.

Pro-  
portion  
des am-  
plitudes  
des Para-  
boles &  
des Sinus  
du dou-  
ble des  
angles de  
leurs  
touchan-  
tes.

**C**Eci posé : soit un demi cercle  $A$   $C$   $D$   $B$ , sur le diametre perpendiculaire  $A$   $B$ , dont le centre est  $C$ ; lequel soit touché en  $A$  par la ligne horizontale  $A$   $L$ . Et soient menées dans le demi-cercle des droites  $A$   $H$  :  $A$   $D$  :  $A$   $G$  du point  $A$ ; & les droites  $H$   $F$ ,  $D$   $C$ ,  $E$   $G$  perpendiculaires au diametre  $A$   $B$ . En-suite soit décrite la parabole  $A$   $M$   $O$  dont la hauteur  $N$   $M$  soit égale à la droite  $A$   $F$  & l'amplitude  $A$   $O$  soit, quadruple de la droite  $F$   $H$ ; la parabole  $A$   $I$   $L$ , dont la hauteur  $K$   $I$  soit égale à  $A$   $C$ , & l'amplitude  $A$   $L$  quadruple de la droite  $D$   $C$ ; & enfin la parabole  $A$   $P$   $O$ , dont la hauteur  $N$   $P$  soit égale à  $A$   $E$ , & l'amplitude  $A$   $O$  quadruple de la droite  $E$   $G$ . Puis soient menées dans le demi-cercle les lignes  $H$   $C$  :  $H$   $B$  : &  $G$   $C$  :  $G$   $B$ .

Il est manifeste par ce que nous avons démontré ci-devant que la ligne  
 $B$   $F$



LIV. II.  
CHAP.  
VIII.

Pro-  
portion  
des am-  
plitudes  
des Para-  
boles &  
des Sinus  
du dou-  
ble des  
angles de  
leurs  
touchan-  
tes.

B F est la sublimité & A F ou N M la hauteur de la parabole AMO ; c'est-à-dire qu'un mobile porté d'un mouvement égal du point M horizontalement avec une force acquise par la chute B F décrira la parabole AMO. Ainsi la sublimité de la parabole A I L est B C & sa hauteur à A C ou K I ; comme la sublimité de la parabole A P O est B E & sa hauteur. A E ou N P. D'où il s'ensuit que les mêmes pa-  
rabo-

raboles seront décrites par des mobiles portés également avec une force acquise par la chute  $BA$  suivant les différentes inclinations des touchantes  $AH$ :  $AD$ :  $AG$ . C'est-à-dire que la parabole  $AMO$  sera décrite par le mobile porté également suivant la touchante  $AH$  avec la vitesse qu'il aura acquise en tombant du point  $B$  en  $A$ . Et la parabole  $AIL$  sera décrite par le mobile porté également suivant la touchante  $AD$  avec la même vitesse  $BA$ . Et enfin la parabole  $APO$  par le mobile suivant la touchante  $AG$ , avec la même force ou vitesse  $BA$ .

LIV. II.  
CHAP.  
VIII.  
Proportion des amplitudes des Paraboles & des Sinus du double des angles de leurs touchantes.

Et comme les amplitudes de chacune des paraboles sont quadruples des droites  $FH$ :  $CD$ :  $EG$ : il s'ensuit

## CHAPITRE IX.

*Suites de cette Proportion.*

**1** **Q**UE de toutes les paraboles faites avec une même impression de vitesse, la plus grande est celle dont le mobile est porté suivant la direction d'un

CHAP.  
IX.  
Suites de cette proportion.

LIV. II.  
CHAP.  
IX.

Suites  
de cette  
propor-  
tion.

d'un angle demi droit ou de 45 degrés; ce qui a été premièrement remarqué par Tartaglia, ainsi que nous l'avons dit ci-devant. Car si nous supposons que l'angle  $LAD$ , qui est l'inclination suivant laquelle la parabole  $AIL$  a été faite, est de 45 degrés; la ligne  $DC$  perpendiculaire au diamètre  $AB$ , sera égale au demi diamètre du même Cercle  $ADB$ ; & par conséquent elle sera plus grande qu'aucune autre perpendiculaire au même diamètre comme  $HF$  ou  $GE$ ; d'où il arrive que le quadruple de  $CD$ , c'est-à-dire l'amplitude  $AL$  de la Parabole  $AIL$ , sera plus grande que le quadruple d'aucune autre perpendiculaire comme  $FH$  ou  $GE$ , c'est-à-dire que l'amplitude d'aucune autre Parabole comme  $VM O$  ou  $AP O$ .

2. Que les Paraboles décrites suivant des inclinations également éloignées au-dessus ou au-dessous de l'angle de 45 degrés sont égales d'amplitude. Ce qui a été remarqué par plusieurs & particulièrement par Diego

Ufa-

Ufano, comme nous l'avons fait voir ci-devant. Car supposant que les arcs  $DH$  &  $DG$  soient égaux, les droites  $HF$  &  $GE$  seront aussi égales, & leurs quadruples  $AO$ ; c'est-à-dire l'amplitude de la Parabole  $AMO$  & de la parabole  $APO$  faites sur les inclinations  $AH$  &  $AG$ .

LIV. II.  
CHAP.  
IX.  
Suites  
de cette  
proportion.

3. Comme les perpendiculaires sur le diamètre du cercle vont toujours en augmentant depuis le point  $A$  jusqu'en  $D$ , & que delà elles vont toujours en diminuant jusqu'au point  $B$ ; il s'ensuit que les Paraboles produites par les mobiles portés d'une même vitesse suivant les inclinations depuis l'horizontale  $AL$  jusqu'à celle de l'angle demi droit  $AD$ , vont toujours en augmentant d'amplitude; comme au contraire celles qui se font suivant les inclinations depuis l'angle demi droit  $AC$ . jusqu'à la perpendiculaire  $AB$  vont toujours en diminuant.

4. La droite  $HF$  est le sinus de l'angle au centre  $ACH$ , double de l'an-

LIV. II. l'angle à la circonférence  $ABH$  qui  
 CHAP. est égal à celui de l'inclination  $LAH$ .  
 IX.

Suites  
 de cette  
 propor-  
 tion.

Ainsi la droite  $CD$  est le sinus de l'angle droit double de celui de l'inclination  $LAD$ . Et la droite  $GE$  est le sinus de l'angle au centre  $ACG$  double de l'angle à la circonférence  $ABG$  qui est égal à celui de l'inclination  $LAG$ . Et comme les amplitudes  $AO$ ,  $AL$ , des Paraboles  $AMO$ ,  $APL$ , sont entr'elles comme les lignes  $FH$ ,  $CDEG$  dont elles sont quadruples; il s'ensuit que les amplitudes des Paraboles faites par un mobile porté d'une égale impression de vitesse, suivant des angles différens d'inclination, sont entr'elles comme les sinus du double des mêmes angles. Ainsi l'amplitude  $AL$  de la Parabole  $AIL$  faite suivant l'angle demi droit  $LAD$ , est à l'amplitude  $AO$  de la parabole  $AMO$  faite avec la même impression de force suivant l'angle  $LAH$ , comme la droite  $CD$  sinus de l'angle droit, double du demi droit  $LAB$ , est à la droite  $FH$ .

sinus



sinus de l'angle  $ACH$ , double de l'angle  $LAH$ . Et la même amplitude  $A$  LIV. II.  
CHAP.  
IX.  
 $L$  de la Parabole  $AIL$  est à l'amplitude  $A O$  de la parabole  $APO$ , comme Suites  
de cette  
proportion.  
la droite  $CD$  sinus du double de l'angle  $LAD$ , est à la droite  $EG$  sinus du double de l'angle  $LAG$ , & ainsi des autres.

## LIV. III. LIVRE TROISIEME.

Démonstration des pratiques del' Art de jetter les Bombes. Et premièrement pour les jets dont l'étendue est au niveau des Batteries, & par le moyen des sinus.



Ette proposition est le fondement de la plupart des Pratiques que nous avons expliquées dans la deuxième partie de ce Livre, & que nous allons maintenant examiner l'une après l'autre.

## CHAPITRE PREMIER.

*Pour trouver l'étendue d'un coup sur une élévation donnée.*

CHAP.

I.

Pour trouver l'étendue d'un coup sur une élévation donnée.

LA première de toutes est claire d'elle-même : car supposant que l'on ait fait l'épreuve d'une pièce ou d'un mortier sous un angle d'élévation connuë, & connoissant exactement sa portée ; pour connoître celle de la même pièce ou du même mortier



LIV. III. preuve ; & par la règle, le quatrième  
CHAP. proportionel fera l'étendue de la por-  
I. tée que l'on demande. Comme si

Pour trouver l'éten-  
due d'un  
coup sur  
une élé-  
vation  
donnée. l'épreuve ayant été faite sous l'angle  
de l'inclination LAH de 30 degrés  
vous avez 1000 toises ou 1000 autres  
mesures pour la portée de votre pié-  
ce, c'est-à-dire pour l'amplitude AO  
de la parabole AMO ; pour savoir  
quelle sera la portée de la même pié-  
ce élevée à l'angle LAD de 45 dégr. ,  
c'est-à-dire pour connoître l'amplitu-  
de AL de la parabole AIL ; il ne faut  
que prendre pour premier terme le si-  
nus du double de l'angle LAH c'est-  
à-dire le sinus de l'angle ACH ou la  
droite FH qui est de 8660 parties, sup-  
posé que le sinus total soit CD de  
10000 parties ; pour second terme la  
droite CD de 10000 parties, c'est-à-  
dire le sinus du double de l'angle LA  
D ; & l'amplitude AO de 1000 toi-  
ses pour troisième ; afin d'avoir pour  
quatrième terme proportionel l'am-  
plitude AL de 1155 to. ou mesures ; &  
cela parce que l'amplitude AO est à

l'am-

l'amplitude  $AL$  comme le sinus  $HF$  est au sinus  $CD$ .

Si l'angle de l'inclination proposée est plus grand que le demi droit, il ne faut pas le doubler pour avoir le sinus, mais il faut prendre le sinus du double de son complement à l'angle droit. Comme si l'on a proposé l'élévation de la pièce ou du mortier à l'angle  $LAG$  de 50 degrés: il faut prendre  $EG$  sinus de 80 degrés double de 40 dégr. complement à l'angle droit du proposé de 50 degrés.

LIV. III.  
CHAP.  
I.

Pour  
trouver  
l'étenduë d'un  
coup sur  
une élé-  
vation  
donnée.

## CHAPITRE II.

*Pour trouver l'angle de l'élévation pour  
une étenduë donnée.*

SI l'on propose une étenduë qui ne soit pas plus grande que celle de la pièce élevée à 45 dégr.; il faut, comme il a été dit au second Chapitre du premier livre de la seconde partie, prendre pour premier terme de la règle de Trois l'étenduë de la portée connue par l'épreuve, pour second terme l'éten-

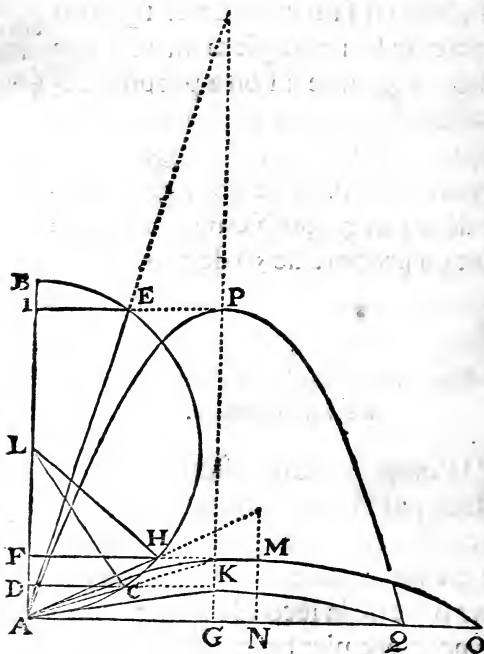
CHAP.  
II.

Pour  
trouver  
l'angle  
de l'élé-  
vation  
pour une  
étenduë  
donnée.

L

duë

LIV. III. duë que l'on demande, & pour troi-  
 CHAP. sième le sinus du double de l'angle de  
 II. l'inclination sur laquelle l'épreuve a  
 été faite ; afin d'avoir pour quatrié-



me proportionel le sinus du double  
 de l'angle qu'il faudra donner à la  
 pièce.

pièce. Ainsi pour avoir la portée, c'est-à-dire l'amplitude  $AQ$  de 800 mesures; il faut prendre pour premier terme l'amplitude  $AO$  de la parabole  $AMO$  de 1000 mesures faite suivant l'angle  $OA H$  de 30 degrés, pour second terme l'amplitude  $AQ$  de 800 mesures que l'on demande; la droite  $F H$  sinus du double de l'angle  $OA H$  de 8660 parties pour troisième terme, afin d'avoir pour quatrième proportionel, la droite  $CD$  de 6928 parties sinus de l'angle  $ALC$  de 43. 52' double de ce que l'on demande  $QAC$  de 21. 56', ou de son complement à l'angle droit  $QAE$  de 68 4'. Car la pièce ou le mortier élevé en l'un ou en l'autre de ces deux angles donnera la même amplitude proposée  $AQ$  des Paraboles  $AKQ$  ou  $APQ$ . Et par tout l'on voit que ces amplitudes  $AO$  &  $AQ$  sont entr'elles comme les droites  $F H$  &  $DC$ .

LIV. III.  
CHAP.  
II.

Pour  
trouver  
l'angle  
de l'éle-  
vation  
pour une  
étendue  
donnée.

LIV. III.  
CHAP.  
III.

## C H A P I T R E III.

*Démonstration de la Table des Sinus servans au jet des Bombes.*

Dé-  
mon-  
stration  
de la  
Table  
des Sinus  
servans  
au jet des  
Bombes.

**L**A Table qui suit, & qui est rapportée au troisiéme Chapitre du premier Livre de la seconde partie, n'est que pour soulager ceux qui auroient peine à rechercher en toutes rencontres les sinus du double des angles proposés pour l'élévation du mortier ou de la pièce ; puis-qu'elle contient les mêmes sinus qui répondent aux angles proposés, sans qu'il soit besoin de rien doubler. Ce qui a été nettement expliqué dans le discours de la construction de la table, où j'ai dit que les nombres qui y répondent à chaque dégr. étoient ceux qui se trouvent dans la table ordinaire des sinus au droit des angles doubles de ceux-ci ; & que le nombre par exemple de 349 répondant au premier dégr. dans cette Table, étoit celui qui répondoit à 2 dégrez dans celle des sinus ; & le nombre 698 répon-

dant



dant dans celle-ci à 2 dég., étoit le sinus de 4 dégrez; ainsi le nombre 6428 répondant à 20 dég. est le sinus de 40 dég., & ainsi des autres.

LIV. III.  
CHAP.  
III.

Démon-  
stration  
de la Ta-  
ble des  
sinus  
servans  
au jet des  
Bom-  
bes.

Ce qui fait que proposant un angle & prenant le nombre qui lui répond dans cette table, vous prenez tout d'un coup le sinus de son double. Ce qui se connoît par les exemples rapportés sur ce sujet, dans lesquels les nombres sont par tout les mêmes que ceux qui sont trouvés par la pratique des sinus. Ce qui n'a point besoin de plus longue explication.

Il en est de même de la table qui répond à celle que j'ai expliquée dans la première partie de ce Traite sur la doctrine de Diego Ufano; car j'ai calculé cette table sur celle-ci, en sorte que tous les nombres de l'une sont proportionels aux nombres de l'autre.

*Démonstration de la Table des hauteurs des jets poussez d'une même force.*

Dé-  
mon-  
stration  
de la Ta-  
ble des  
hauteurs  
des jets  
poussés  
d'une  
même  
force.

**I**L n'est pas plus mal aisé de démon-  
trer la construction & l'usage de la  
Table que nous avons rapportée au  
sixième Chapitre du premier Livre  
de la seconde partie sous le nom de  
*Table des hauteurs des jets poussez d'une  
même force dont la plus grande portée est  
10000 ; & dont les nombres sont ,  
ainsi que nous avons dit, chacun égal  
au quart des sinus versés du double  
des angles de l'inclination du mor-  
tier.* Car si dans cette figure , nous  
considérons que la hauteur  $NM$  de  
la demiparabole  $AM$ , faite sous l'an-  
gle de l'inclination  $NAH$  & avec la  
force acquise par la chute depuis le  
point  $B$ , est égale à la droite  $AF$ , qui  
dans le demi-cercle fait sur le diame-  
tre  $AB$  est le sinus versé l'angle au  
centre  $ALH$  double de l'angle à la  
circonférence  $ABH$  égal à celui de  
l'inclination  $NAH$  : que la hauteur  
G K



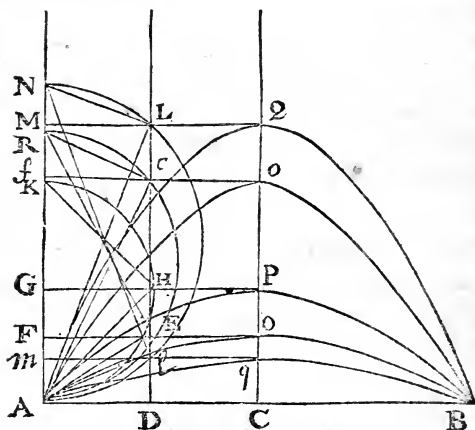
LIV. III. CHAP. IV. sinus verse de l'angle au centre A L E double de celui de l'inclination G A E, & ainsi des autres. Nous pouvons dire que *les hauteurs des jets poussez de même force sont entr'elles comme les sinus verses du double des angles de leur inclination*; & comme nous avons supposé que la plus grande portée étoit 10000, il s'ensuit que la plus grande hauteur A B moitié de la même portée n'est que de 5000; & partant A L rayon ou sinus total de cette Table seulement de 2500, c'est-à-dire le quart de 10000 que l'on donne au même rayon dans la Table ordinaire des sinus. Ce qui fait que nous avons eu raison de dire que tous les nombres de la Table des hauteurs sont chacun le quart de ceux des sinus verses du double des angles de l'inclination du mortier.

*Démonstration de la Table des hauteurs & sublimitez des jets de même étendue, & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étendue en toutes sortes d'élévation.*

Démonstration de la Table des hauteurs & sublimitez des jets de même étendue, & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étendue en toutes sortes d'élévation.

Pour bien entendre la construction de l'autre Table que nous avons rapportée dans le même Chapitre sous le nom de *Table des hauteurs & des sublimitez des jets dont l'étendue en toutes sortes d'élévation est toujours la même*, posée de 10000 parties; & dont les nombres sont, ainsi que nous avons dit, pour les hauteurs chacun égal au quart des tangentes des angles d'élévation marquées dans la Table ordinaire des sinus, & pour les sublimitez chacun égal au quart des tangentes de complement des mêmes angles. Il faut premièrement dans cette figure, où l'étendue horizontale donnée *AB* est partagée également en *C*, & *AC* aussi également en *D*, mener des points *A*, *D*, *C*, des droites comme *AN*, *DL*, *CQ*,

perpendiculaires à  $A B$ . Puis ayant pris sur  $A N$  la droite  $A G$  égale à  $A D$ , faire du centre  $G$  & intervalle  $G A$ , le cercle  $K H A$  qui touchera la ligne  $D C$  au bout  $H$  du rayon  $G H$  parallèle à  $A C$ ; & si l'on mène la droite  $A H$ ; l'angle  $CAH$  sera de  $45$  dégr. & la parabole du point  $A$  sui-



vant la direction  $AH$  avec la force mesurée par  $AK$  aura la droite  $AB$  pour amplitude,  $AG$  ou  $CP$  pour sa hauteur &  $KG$  pour sa sublimité: car toutes ces choses ont été démontrées

ci-

ci-devant. Par la même raison si LIV. III.  
menant du point A une autre droite CHAP.  
A E faisant l'angle de l'inclination V.  
A E, jettre la droite E R perpendicu-  
laire à A E & coupant A N en R ; j'au-  
rai A R diamètre du cercle A E R qui  
passera par le point E, d'où menant  
F E O parallèle à A B, l'amplitude de  
la parabole décrite par le mobile pouf-  
sé du point A suivant l'inclination B  
A E & avec la force imprimée par la  
chûte du point R, sera la même A B  
quadruple de A D, sa hauteur sera A F  
ou C O, & sa sublimité R F. Ainsi fai-  
sant une autre inclination B A L & me-  
nant la droite L N perpendiculaire à A  
L, nous aurons A N diamètre d'un cer-  
cle qui passera par le point L, d'où  
menant la ligne M L Q, nous pouvons  
dire que la parabole décrite par un  
mobile poussé suivant l'inclination  
B A L avec la force imprimée par la  
chûte du point N, aura la même am-  
plitude A B, la droite A M ou C Q pour  
sa hauteur, & N M pour sa sublimité ;  
& ainsi des autres.

Dé-  
mon-  
stration  
de la Ta-  
ble des  
hauteurs  
& subli-  
mités  
des jets  
de mê-  
me éten-  
duë, & de  
celle de  
la force  
qu'il  
faut  
donner  
aux jets  
de même  
étenduë  
en toutes  
sortes  
d'éléva-  
tion.

LIV. III.  
CHA P.  
V.

Dé-  
mon-  
stration  
de la Ta-  
ble des  
hauteurs  
& subli-  
mitéz  
des jets  
de mê-  
me é-  
tenduë  
& de cel-  
le de la  
force  
qu'il  
faut  
donner  
aux jets  
de même  
étenduë  
en tou-  
tes sor-  
tes d'é-  
léva-  
tion.

Il faut maintenant considérer dans le triangle rectangle  $AHK$ , que posant la droite  $GH$  ou  $AD$  pour sinus total; la ligne  $GA$  hauteur de la parabole  $APB$  sera la tangente de l'angle  $GHA$  qui est celui de l'inclination; & la ligne  $KG$  sublimité de la même, sera la tangente de l'angle  $GHK$  complement de celui de l'inclination  $GHA$ , ou  $BAH$ . Ainsi dans le triangle rectangle  $AER$ , posant la droite  $EF$  égale à  $AD$  pour sinus total, la ligne  $AF$  ou  $CO$  hauteur de la parabole  $AOB$  sera la tangente de l'angle de l'inclination  $AEF$  ou  $BAE$ ; & la ligne  $RF$  sublimité de la même, sera la tangente de l'angle  $REF$  complement de celui de l'inclination  $AEF$ . Enfin dans le triangle rectangle  $ALN$ , posant la droite  $LM$  égale à  $AD$  pour sinus total, la droite  $AM$  ou  $CQ$  hauteur de la parabole  $AQB$  est la tangente de l'angle  $ALM$  ou de son égal l'angle de l'inclination  $BAL$ ; & la droite  $NM$  sublimité de la même, est la tangente de l'angle  $MLN$  complement





LIV. IN.  
CHAP.  
V.

Démonstration de la Table des hauteurs & sublimitez des jets de même étendue & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étendue en toutes sortes d'élevation.

droite  $AD$  égale au sinus total de la Table ordinaire des sinus, tangentes & sécantes qui est de 10000 parties, nous aurions pu nous servir pour les nombres de notre Table des hauteurs & sublimitez, de ceux des tangentes des angles de la Table ordinaire des sinus pour les hauteurs, & de ceux des tangentes de complement des mêmes angles pour les sublimitez de nos paraboles. Mais comme la droite  $AD$  ne peut être que de 2500 parties, dans la supposition que nous avons faite que l'amplitude  $AB$ , dont  $AD$  est le quart, est de 10000 parties, il paroît que toutes les tangentes des angles d'inclination, c'est-à-dire toutes les hauteurs des paraboles, & les tangentes de leurs complemens, c'est-à-dire toutes les sublimitez des mêmes, doivent être ici chacune un quart de celles de la Table ordinaire des sinus; ainsi que nous l'avons pratiqué dans la Table des mêmes hauteurs & sublimitez, ou celle de l'angle de 45 dégr, égale au sinus total, n'est que de 2500 parties.

Au

Au reste, comme l'arc NL dans le cercle ALN est égal à l'arc A l, la droite NM est aussi égale à A m, & AM à N m; où l'on voit que A M ou C Q hauteur de la parabole A Q B, est égale à N m ou Q q sublimité de la parabole A q B; & NM sublimité de la parabole A Q B égale à A m hauteur de la parabole A q B. Par la même raison nous ferons voir que A F ou C O hauteur de la parabole A O B est égale à R f sublimité de la parabole A o B & R F sublimité de la Parabole A O B égale à A f hauteur de la parabole A o B. Mais les paraboles A Q B, A q B; aussi bien que les paraboles A O B, A o B, sont celles que l'on peut appeller *reciproques*, étant faites sous des directions également éloignées de celle de 45 degrés, & dont la force de l'impulsion & l'amplitude sont égales: l'on peut donc conclure, ce que nous avons dit ci-devant, *Qu'aux paraboles de même étendue sous même force, les hauteurs & les sublimités sont reciproquement égales.*

LIV. III.  
CHAP.  
V.Dé-  
mon-  
stration  
de la Ta-  
ble des  
hauteurs  
& subli-  
mitez  
des jets  
de même  
étendue  
& de cel-  
le de la  
force  
qu'il  
faudrait  
donner  
aux  
jets de  
même  
étendue  
en toutes  
sortes  
d'éléva-  
tion.

Enfin comme la hauteur C P ou  
A G

LIV. III. A G de la parabole A P B, jointe à sa  
 CH A P. sublimité K G fait la toute A K mesu-  
 V. re de la force qui l'a décrite : que la  
 mon- hauteur CO ou AF de la parabole AO  
 stration B & sa sublimité R F font ensemble la  
 de la Ta- toute A R mesure de la force qui l'a  
 ble des hauteurs pû décrire : que la hauteur C Q ou A  
 & subli- M de la parabole A Q B & sa sublimité  
 mitez N M font ensemble la toute A N d'où  
 des jets le mobile tombant auroit par sa chû-  
 de même te aquis assez de force pour porter le  
 étenduë même mobile suivant la direction A  
 & de cel- L par la parabole A Q B à la distan-  
 le de la ce A B. Nous pouvons inférer qu'en  
 force toutes les paraboles, la hauteur & la sublimi-  
 qu'il té font ensemble la mesure de la force qu'il faut  
 faut don- pour les décrire. Et ceci est le fondement  
 ner aux de la dernière Table que nous avons  
 jets de rapportée au septième Chapitre du  
 même premier Livre de la seconde partie,  
 étenduë sous le nom de *Table de la force qu'il faut*  
 en toutes donner aux jets de même étenduë en toutes sortes  
 fortes d'éléva-  
 tion.

Démonstration des pratiques pour les jets dont l'étendue est au niveau des batteries & par le moïen des instrumens

## CHAPITRE PREMIER

*Démonstration de l'Equerre des Canoniers rectifiée.*

**L'**Equerre de douze points faite à l'imitation de celle de Tartaglia rapportée au premier Chapitre du second livre de la seconde partie un peu plus de difficulté, quoi qu'elle soit sur un même principe. Pour la bien entendre il faut se souvenir de ce que nous avons expliqué dans la pratique, tant au sujet de la construction que de l'usage, dont je rapporterai seulement ici, que les points de l'Equerre y ont entr'eux la même proportion que les portées d'une pièce élevée suivant les angles qu'ils font sur l'Equerre. C'est-à-dire que la portée d'une pièce élevée au quatrième point est double de la portée de la même pièce

CHAP. I.  
Démonstration de l'Equerre des Canoniers rectifiée.

ête-

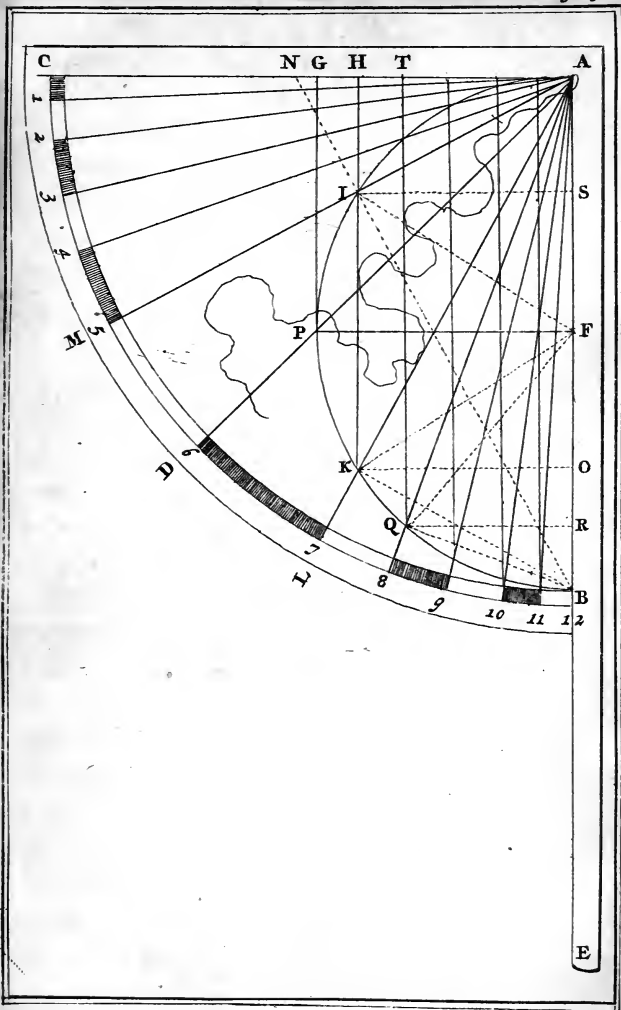
LIV. IV.  
CHAP.  
I.

Dé-  
mon-  
stration  
de l'E-  
querre  
des Ca-  
noniers  
rectifiée.

élevée au second, & quadruple de la portée au premier point, comme le nombre 4 est double du nombre 2, quadruple de 1. Et ainsi des autres.

Voilà les termes dont je me suis servi dans la seconde partie de ce Livre. Et par la disposition de la figure on voit que le bras AE de l'Equerre étant mis dans la pièce, si le plomb attaché par le filet en A tombe sur le point 6, on peut dire que la pièce est élevée suivant l'angle 6 AC; ainsi le plomb tombant sur le point 5, la pièce sera élevée suivant l'angle 5 AC; & suivant l'angle 8 AC si le plomb tombe sur le point 8. Et ainsi du reste.

Pour faire donc voir que la portée, c'est-à-dire que l'amplitude de la parabole faite au point 6, ou suivant l'angle 6 AC, est à l'amplitude de la parabole faite au point 5, ou suivant l'angle 5 AC, comme le nombre 6 est au nombre 5; & ainsi des autres; il suffit de démontrer que le sinus du double de l'angle 6 AC est au sinus du double de l'angle 5 AC, comme 6 à 5; car par  
ce







ce moyen les mêmes amplitudes étant entr'elles comme les sinus du double des angles, elles seront aussi entr'elles comme les mêmes nombres des points.

LIV. IV.  
CHAP.  
I.

Démonstration  
de l'Erreur  
des Canoniers  
rectifiée.

Or pour démontrer que le sinus du double de l'angle 6 AC est au sinus du double de l'angle 5 AC comme 6 est à 5 ; il faut prendre garde qu'après avoir tiré les droites BP & BIN, l'angle 6 AC est égal à ABP, & l'angle 5 AC égal à l'angle ABI ; car dans le triangle rectangle B A N la droite AI tirée de l'angle droit A, perpendiculaire à la baze BN, fait les triangles ABI, IAN semblables, & les angles ABI, IAN égaux. Et partant si l'on mène la droite FI du centre du demi cercle, & IS parallèle à F P, posant la même F P pour sinus total, c'est-à-dire sinus du double de l'angle demi droit ABP, la droite IS ou son égale AH sera le sinus de l'angle AFI double de l'angle ABI. Mais F P ou son égale A G est à AH comme 6 à 5 : & partant le sinus du double de l'angle ABP ou de son égal

LIV. IV.  
CHAP.  
I.

Dé-  
mon-  
stration  
de l'E-  
querre  
des Ca-  
noniers  
rectifiée.

AC, est au sinus du double de l'angle ABI ou de son égal 5 AC, comme 6 à 5. Nous pouvons faire le même raisonnement à l'égard des autres angles 4 AC, 3 AC, &c., & démontrer que le sinus du double de l'angle 4 AC est au sinus du double de l'angle 3 AC, comme 4 à 3. Et ainsi des autres.

Nous avons fait remarquer dans la pratique que les portées faites sur des inclinations au-dessus du fixième point, n'étoient pas entr'elles comme les nombres de leurs points, mais bien comme ceux qui sont également éloignés au-dessous du fixième: c'est-à-dire que la portée au huitième point, n'étoit pas à la portée du septième comme 8 est à 7; mais bien comme 4 à 5, qui sont nombres posez au-dessous du fixième point en même distance que 8 & 7 le sont au-dessus. La raison en est manifeste par cette démonstration: car l'amplitude au huitième point c'est-à-dire suivant l'angle 8 AC, étant à l'amplitude au septième point ou suivant l'angle 7 AC, comme le sinus du

du double de l'angle  $\delta$  AC, est au sinus LIV. IV.  
 du double de l'angle  $\gamma$  AC ; il est ai- CHAP.  
 fé de faire voir que ces sinus ne sont I.  
 pas entr'eux en raison de 8 à 7, mais Dé-  
 bien en celle des nombres 4 à 5 cor- mon-  
 respondans au-dessous du fixiême stration  
 point. Car l'angle  $\delta$  AC étant égal à de l'E-  
 l'angle ABQ, & l'angle  $\gamma$  AC égal à querre  
 l'angle ABK ; si l'on mene les droites des Ca-  
 FK, FQ du centre F, & KO, Q noniers  
 R paralleles à PF ; prenant toujous rectifiée.  
 FP pour sinus total, la droite RQ ou  
 son égale AT sera le sinus de l'angle  
 AFQ double de l'angle ABQ ou de  
 son égal  $\delta$  AC ; & la droite KO ou  
 son égale AH ; sera le sinus de l'angle  
 AFK double de l'angle ABK ou de  
 son égal  $\gamma$  AC. Mais AT par la con-  
 struction est à AK comme 4 à 5. Donc  
 le sinus du double de l'angle au hui-  
 tième point est au sinus du double de  
 l'angle au septième comme 4 à 5.

Jene parlerai point des minutes, car  
 c'est par tout le même raisonnement,  
 puis-qu'elles se marquent sur le bord  
 du Quart de cercle en divisant cha-  
 cune

LIV. IV.  
CHAP.  
I.

Démon-  
stration  
de l'E-  
querre  
des Ca-  
noniers  
rectifiée.

cune des portions G H, H T &c. de la droite A G, en 12 parties égales, & tirant de chaque point de la division des droites paralleles au diametre A B, qui couperont le demi-cercle chacune en deux points, par où l'on tire du centre A du quart du cercle des droites qui traçent les minutes sur son bord en la même manière que les 12 points principaux y ont été marquez.

---

## CHAPITRE II.

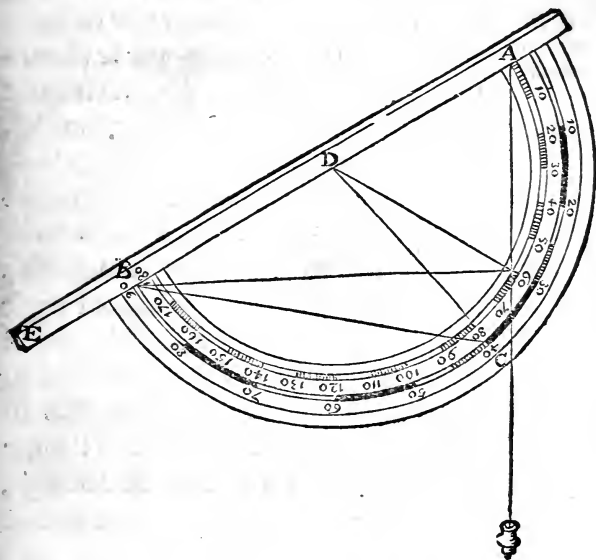
*Démonstration du demi cercle de Torricelli.*

CHAP.  
II.  
Démon-  
stration  
du demi  
cercle  
de Tor-  
ricelli.

**L**E demi cercle dont nous avons décrit l'usage au second Chapitre du second Livre de la seconde partie, est fondé sur le même principe. Pour le comprendre il faut se souvenir que la demi circonférence A C B contenant 180 degrés, & n'étant divisée sur son limbe extérieur qu'en 90 parties; il paroît que chacune de ses parties contient deux degrés, & que les nombres marquez sur chacun des arcs

arcs sont égaux à la moitié de ceux  
des degrés contenus dans le même  
arc. Ainsi l'arc marqué A 30, c'est-

CHAP.  
II.  
LIV. IV.



à-dire l'angle AD 30 est de 60 degrés ; l'arc A 40, c'est-à-dire l'angle AD 40 est de 80 degrés : & ainsi des autres.

Maintenant si l'on pose le bras AE dans la pièce, le plomb pendant en A mar-

LIV. IV.  
CHAP.  
II.

Démon-  
stration  
du demi  
cercle  
de Tor-  
ricelli.

marquera son élévation, qui sera par exemple de 30 dég. si le plomb tombe sur le point 30 du limbe extérieur; comme elle sera de 40 dég., s'il tombe sur le nombre 40. Car cet angle de l'élévation de la pièce lors-que le plomb tombe sur le nombre 30, n'est autre chose que l'angle  $AB$  30 comme l'angle  $AB$  40 est celui de l'élévation lorsque le plomb se trouve sur le nombre 40. Et comme l'angle à la circonférence  $AB$  30, n'est que la moitié de l'angle au centre  $AD$  30, & l'angle  $AB$  40 moitié de l'angle  $AD$  40, il paroît que l'angle  $AD$  30 étant de 60 degrés, celui de l'inclination  $AB$  30 ne sera que de 30 degrés; ainsi l'angle au centre  $AD$  40 étant de 80 dég., l'angle de l'élévation ne sera que de 40 degrés. Et ainsi du reste.

Quant à l'usage il est tout-à-fait conforme à la Théorie que nous avons établie. Il ordonne de faire les portées proportionnelles aux sinus des degrés marqués sur le limbe intérieur dont les nombres étant par tout doubles

bles de ceux qui leur répondent sur l'extérieur : il paroît que c'est toujours faire les amplitudes des Paraboles proportionnelles aux sinus du double des angles de leurs inclinations. Ainsi la portée de la pièce étant élevée de 30 dég. , lors-que le plomb tombe sur le nombre 30 du bord extérieur, sera à la portée de la pièce élevée à 40 dégrez , lors-que le plomb tombera sur le nombre 40 du même bord , comme le sinus de 60 dégrez double de l'angle de la première élévation , est au sinus de 80 dég. double de la seconde. Et ainsi des autres.

LIV. IV.  
CHAP.  
II.

Démonstration du demi-cercle de Torricelli.

## CHAPITRE III.

*Démonstration d'un autre instrument sans le besoin des Sinus,*

ENfin pour avoir une connoissance parfaite de la dernière Equerre, ou pour mieux dire du dernier demi-cercle de Torricelli dont nous avons ci-devant expliqué la construction & l'usage au troisième Chapit. du second livre de la première partie, sous

CHAP.  
III.

Démonstration d'un autre instrument sans le besoin des sinus.

M

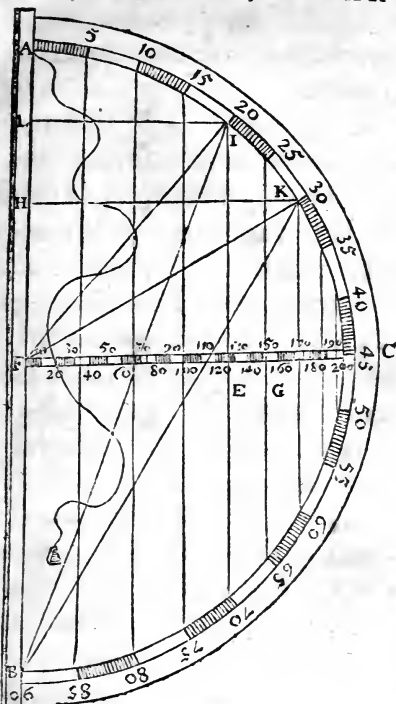
le

LIV. IV.  
CHAP.  
III.

Dé-  
mon-  
stration  
d'un au-  
tre in-  
strument  
sans le  
besoin  
des sinus.

le nom d'un *instrument sans le besoin de sinus*.  
Il faut se souvenir qu'après avoir di-  
visé son demi-cercle seulement en 90  
parties égales comme le précédent,  
de chacune lesquelles il mene des lig-  
nes paralleles au diametre qu'il appel-  
le des Guides; & après avoir parta-  
gé le demi - diametre perpendiculaire  
en un très grand nombre de parties; il  
dit que les amplitudes des Paraboles  
tirées sous les angles répondans aux  
dégrez marquez dans le limbe, sont en-  
tr'elles comme les nombres des par-  
ties du demi-diametre perpendiculai-  
re comprises entre le centre du cercle  
& les Guides qui viennent des degrez  
de l'élévation. C'est-à-dire que l'am-  
plitude de la Parabole tirée sous l'an-  
gle de 20 degrez est à l'amplitude de  
celle qui est faite sous l'angle de 30  
dég., comme 1281, qui est le nom-  
bre des parties du demi-diametre F C  
divisé en 200, comprises entre I E gui-  
de des 20 degrez du limbe & le cen-  
tre F, est à 172 nombre des mêmes  
parties comprises entre K H guide des





30 LIV. IV.  
 dé- CHAP.  
 grez III.  
 du Dé-  
 mêm- mon-  
 me stration  
 lim- d'un au-  
 be tre in-  
 & le strumens  
 mêm- sans le  
 me besoin  
 cen- des sinus.  
 tre F.  
 Ma-  
 inte-  
 nant  
 si  
 nous  
 fai-  
 sons

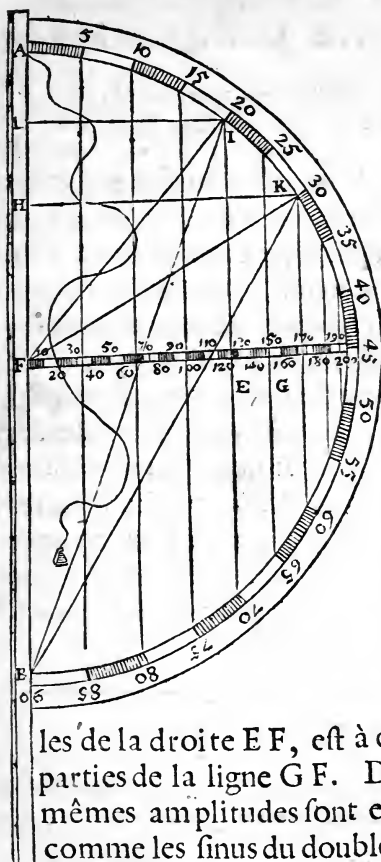
voir que les parties contenuës dans l'étenduë EF sont aux parties contenuës dans l'étenduë GF, comme le sinus du double de l'angle de l'élevation de 20 dég. est au sinus du double de celui de 30 dég.; nous pourrons

LIV. IV.  
CHAP.  
III.

Dé-  
mon-  
stration  
d'un au-  
tre in-  
strument  
sans le  
besoin  
des sinus.

dire que les amplitudes seront com-  
me les sinus du double des angles de  
leur élévation.

Pour le démontrer il ne faut que  
considérer que le plomb tombant du  
point A sur I où il y a 20 dég. , la pié-  
ce est élevée suivant l'angle ABI ; ain-  
si lors-qu'il tombe sur le point K où  
il y a 30 dégrez , elle est élevée selon  
l'angle A B K. Et que la droite I L  
tirée parallele à F C est le sinus de  
l'angle A F I double de l'angle A B I,  
supposé que le demi - diametre A F  
ou F C soit le sinus total ; ainsi la  
droite K H est le sinus de l'angle  
AFK double de l'angle A B K. Ces  
droites donc I L ; K H ou leurs  
égales E F , G F , sont les sinus du  
double des angles des élévations A  
B I & A B K ; & partant les parties  
égales comprises dans la droite E  
F, sont aux parties égales contenuës  
dans G F , comme les mêmes sinus,  
Mais nous avons supposé que l'am-  
plitude de la Parabole faite sur l'an-  
gle ABI de 20 dég. étoit à l'amplitude  
de



de la LIV. IV.  
Pa- CHAP.  
ra- III.  
bole Dé-  
faite mon-  
sur stration  
l'an- d'un au-  
gle tre in-  
ABK strument  
des sans le  
sinus. besoin  
des sinus.

de 30  
dég.  
com-  
me  
le  
nom-  
bre  
des  
par-  
ties  
éga-

les de la droite EF, est à celui des parties de la ligne GF. Donc ces mêmes amplitudes sont entr'elles comme les sinus du double des angles de leurs inclinations.

*Démonstration des pratiques pour les jets dont l'étendue n'est pas au niveau des batteries.*

Démon-  
stration  
des pra-  
tiques  
pour  
les jets  
dont l'é-  
tendue  
n'est pas  
au ni-  
veau des  
batterie-  
s.



E ne m'arrêterai point davantage sur ce sujet ; car ce principe étant une fois bien entendu , tout ce qui se dit dans les pratiques sur le sujet des portées horizontales en toutes sortes de cas , lui peut être facilement rapporté : mais pour celles qui se font sur des plans inclinez au-dessus ou au-dessous de l'horizon , il faut y faire d'autres raisonnemens , avant que d'entrer dans l'explication des pratiques que nous avons enseignées dans la seconde partie de ce Livre.

CHAP.  
I.

# CHAPITRE I.

*Pour la portée sur un plan incliné d'une pièce pointée sous un angle donné.*

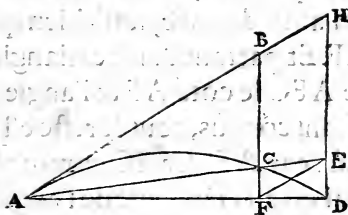
GALILÉE n'a rien dit de particulier sur cette matiere ; mais Torricelli

celli considérant que l'on a quelque-  
fois besoin pour l'usage de l'Artille-  
rie, de savoir à quelle distance un  
coup peut porter sur un plan incliné ?  
ou à quel point d'une hauteur per-  
pendiculaire, un coup de Canon ou  
de Bombe peut arriver suivant une  
élévation déterminée : à raisonné de  
cette manière.

LIV. V.  
CHAP.  
I.

Pour  
la portée  
sur un  
plan in-  
cliné  
d'une  
pièce  
pointée  
sous un  
angle  
donné.

Soit, dit-il,  $AD$  l'amplitude hori-  
zontale d'une Parabole  $ACD$  décri-  
te par un boulet ou par une Bombe  
tirée suivant l'angle de l'inclination  
 $DAB$ ; & soit le plan incliné sur l'ho-  
rizon  $AE$ . Pour savoir à quel point  
le boulet rencontrera le plan incliné



comme en  $C$ , & connoître la longueur  
 $AC$  & la hauteur perpendiculaire  $CF$ ;

LIV. V. il faut du point D élever la perpendicu-  
 CHAP. laire DH, à laquelle la ligne FCB doit  
 I. être parallèle, passant par le point C, où

Pour la portée l'on propose que le plan incliné AE est  
 sur un plan in- rencontré par la ligne parabolique A  
 cliné d'une CD; puis mener la droite EF, laquelle  
 ne pièce par ce qui a été démontré par Archi-  
 pointée mede, sera parallèle à AH tangente de  
 sous un la Parabole au point A. Et partant AD  
 angle fera à DF, comme HD à DE; mais les  
 donné. trois lignes AD, HD, DE sont connues;

car AD est l'amplitude de la Parabole  
 donnée ACD; HD & DE sont les tan-  
 gentes des angles donnés DAH qui est  
 celui de l'inclination du mortier ou de  
 la pièce, & DAE qui est celui de l'incli-  
 nation du plan AE; & partant la droite  
 DF sera aussi donnée, aussi-bien que la  
 ligne AF. Et partant dans le triangle re-  
 ctangle AFC le côté AF & l'angle aigu  
 FAC étant connus, tout le reste est aus-  
 si connu: car AF est à FC comme le si-  
 nus total est à la tangente de l'angle FA  
 C; & AF à AC comme le même sinus  
 total est à la sécante du même angle.

Où l'on voit la raison des pratiques  
 que nous avons enseignées au 2 Chap.

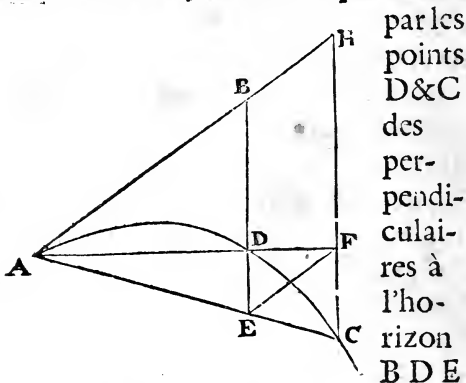
du 3 livre de la 2<sup>e</sup> partie, lors-que pour LIV. V.  
trouver la longueur inclinée AC ou la CHAP.  
hauteur perpendiculaire FC à laquelle I.  
le boulet arriveroit poussé suivant l'in- Pour  
clination DAB, nous avons fait deux la portée  
régles de Trois. Dans la première le 1<sup>er</sup> sur un  
terme étoit la tangente de l'angle de plan in-  
l'inclination de la pièce DAH c'est-à- cliné  
dire DH, le second étoit la tangente de d'une  
l'angle de l'inclination du plan DAE pièce  
c'est-à-dire DE, le 3<sup>me</sup> étoit l'amplitu- pointée  
de AD de la Parabole donnée; & pour sous un  
4<sup>me</sup> nous avons eu la longueur DF, la- angle  
quelle étant ôtée de la toute AD, nous donné.  
a fait connoître le reste AF. L'autre ré-  
gle de Trois avoit pour premier terme  
le sinus total, pour second la sécante de  
l'angle de l'inclination du plan, & la  
longueur horizontale AF pour 3<sup>me</sup>; a-  
fin d'avoir pour 4<sup>me</sup> la longueur du  
plan incliné AC que nous demandions.  
Si au lieu de la sécante de l'angle de l'in-  
clination du plan FAC, nous aviois pris  
pour 2<sup>e</sup> terme de nôtre seconde règle de  
Trois, la tangente du même angle, nous  
aurions eu pour 4<sup>me</sup> terme la hauteur

LIV. V.  
CHAP.  
I.

Pour  
la portée  
sur un  
plan in-  
cliné  
d'une  
pièce  
pointée  
sous un  
angle  
donné.

perpendiculaire  $FC$ , à laquelle la bombe ou le boulet seroit arrivé.

C'est presque le même raisonnement pour les coups qui portent sur des plans inclinez au-dessous de l'horizon. Comme si  $AD$  est l'amplitude de la parabole faite sous l'inclination  $DAB$  & continuée en  $C$  où elle rencontre le plan  $AE$  incliné sous l'horizon  $AD$ ; il ne faut que mener



coupant  $AE$  en  $E$ , &  $HFC$  coupant  $AD$  continuée en  $F$ ; & joindre la droite  $EF$ , laquelle sera parallele à  $AH$  tangente de la Parabole  $ADC$  parce qui a été démontré par Archimède;



de; & partant dans les triangles semblables  $ADB$  &  $EDF$  la droite  $BD$  tangente de l'angle donné  $DAB$  qui est celui de l'inclination de la pièce, est à  $DE$  tangente de l'angle aussi donné  $DAE$  de l'inclination du plan  $AE$ , comme  $AD$  qui est l'amplitude horizontale de la Parabole donnée  $ADC$  & par conséquent aussi donnée, est à  $DF$ , laquelle ajoutée à  $AD$  donne la route  $AF$ . Maintenant  $AF$  étant à  $AC$  comme le sinus total est à la sécante de l'angle donné  $FAC$  : &  $AF$  à  $FC$  comme le même sinus total est à la tangente du même angle; il paroît que la longueur  $AC$  du plan incliné à laquelle le boulet ou la bombe arrivera, est donnée, aussi bien que la profondeur perpendiculaire  $FC$ .

Ce raisonnement est le fondement de nôtre pratique dans laquelle : pour trouver les mêmes longueurs, nous avons fait deux règles de Trois, la première pour trouver la droite  $AF$ ; en faisant que comme la tangente de

M 6 l'angle

LIV. V.  
CHAP.  
I.

Pour la portée sur un plan incliné d'une pièce pointée sous un angle donné.

LIV. V.  
CHAP.  
I.

Pour  
la portée  
sur un  
plan in-  
cliné  
d'une  
pièce  
pointée  
sous un  
angle  
donné.

l'angle de l'inclination de la pièce ou du mortier est à la tangente de l'angle de l'inclination du plan, ainsi l'amplitude horizontale de la parabole est à une autre: car cette quatrième quantité étant ajoutée à la même amplitude, nous donne la longueur horizontale A F. Dans la seconde règle de Trois, nous avons fait que comme le sinus total est à la sécante de l'angle de l'inclination du plan, (pour trouver la longueur du plan incliné; ) ou à la tangente du même angle, ( pour avoir sa profondeur perpendiculaire; ) ainsi la longueur horizontale A F est à une autre: car au premier cas il vient la longueur A C, & au second cas la hauteur perpendiculaire F C, pour quatrième terme.

## CHAPITRE II.

*Pour la portée de but en blanc d'une pièce élevée au-dessus du plan horizontal.*

**L**A pratique que nous avons enseignée au premier Chapitre du  
troi-

troisième Livre de la seconde partie, pour connoître la portée sur le niveau d'une pièce plus haute que l'horizon, & pointée comme on dit de but en blanc, laquelle n'est autre par cette méthode que le double de la moyenne Géométrique entre la moitié de la plus grande portée & la hauteur perpendiculaire de la pièce, dépend de cette proposition.

LIV. V.  
CHAP.  
II.

Pour la portée de but en blanc d'une pièce élevée au-dessus du plan horizontal.

Soit la pièce en B au-dessus de l'horizon AK à la hauteur perpendiculaire AB, & pointée suivant la direction horizontale BH. Si nous concevons que la force de l'impulsion du boulet soit mesurée par une perpendiculaire comme BI, enforte que cette force soit la même que celle que le boulet auroit acquise en B en tombant du point I; l'on fait par ce qui a été démontré par Galilée que le boulet tombé du point I en B, changeant le mouvement perpendiculaire & accéléré de sa chute en mouvement horizontal & égal comme par

LIV. V.  
CHAP.  
II.

Pour  
la portée  
de but en  
blanc  
d'une  
pièce  
élevée  
au-dessus  
du plan  
horizon-  
tal.

la droite  $BH$ , fera au long de cette droite avec le degré de vitesse acquise en  $B$ , un chemin comme  $BH$  double de  $BI$  dans un tems égal à celui qu'il a mis à parcourir  $BI$  en tombant du point de repos  $I$ . Ainsi si nous prenons  $BE$  au-dessous de  $B$  égale à  $BI$ , nous verrons que dans le tems que le boulet sortant, de la pièce en  $B$  descendra perpendiculairement par le mouvement de sa pesanteur au long de la droite  $BE$ , il parcourra par le mouvement de la force imprimée l'espace  $BH$  ou  $ED$  double de la même  $BE$ ; & que par le mouvement composé des deux impressions, il décrira la ligne Parabolique  $BCD$ , dont l'ordonnée  $ED$  sera double de l'axe  $EB$ . Et cette Parabole coupant l'horizontale  $AK$  au point  $C$ , le carré de l'ordonnée  $ED$  sera au carré de l'ordonnée  $AC$ , comme  $EB$ , c'est-à-dire la moitié de  $ED$ , est à hauteur perpendiculaire  $AB$ . Mais prenant  $BG$  moyenne Géométrique entre  $EB$  &  $BA$ , le carré  $EB$  est au carré



LIV. V.  
CHAP.  
III.

hauteur perpendiculaire de l'ame de la pièce au-dessus du niveau de la campagne, & prendre le double de la racine quarrée.

### CHAPITRE III.

*Sentiment du R. P. de Challes pour les portées sur des plans inclinez.*

CHAP.  
III.

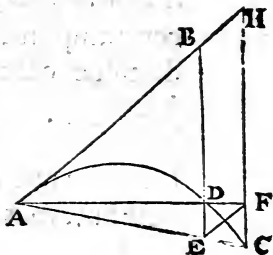
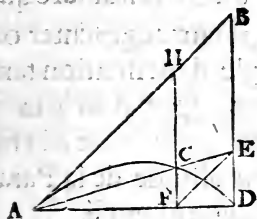
Sentiment du R. P. de Challes pour les portées sur des plans inclinés.

**V**Oilà tout ce que Torricelli nous enseigne sur cette matière. Mais le R. P. de Challes Jesuite raisonnant dans sa Pyrotechnie sur la doctrine de ce Géometre que nous venons d'expliquer au sujet des portées qui se font sur des plans inclinez, dit avec raison qu'en fait d'Artillerie la proposition de Torricelli n'est pas d'un usage si nécessaire ni si frequent que sa converse. C'est-à-dire que l'on a bien plus souvent ~~besoin~~ de savoir quelle élévation l'on doit donner à la pièce ou au mortier pour tirer dans des lieux plus hauts ou plus bas que le niveau des batteries & dont les distances sont connuës; que l'on n'a de savoir à quelle hauteur ou à quel-

quelle distance d'un plan élevé ou abaissé sous le même niveau, un boulet ou une bombe tirée suivant une inclination donnée peut frapper? Ainsi dans les mêmes figures de Torricelli, il est souvent à propos de savoir quel doit être l'angle de l'élévation de la pièce ou du mortier D A B pour faire passer la bombe ou le boulet par le point C élevé ou abaissé sous l'horizon A D dans une distance connue. Ce qui au rapport du R. P. de Challes est très facile.

LIV. V.  
CHAP.  
III.

Senti-  
ment du  
R. P. de  
Challes  
pour les  
portées  
sur des  
plans in-  
clinés.



Car supposant que l'on connoisse les lignes  $A F: F C:$  & l'angle  $F A C$ . Il ne faut, dit-il, que prendre pour l'élévation de la pièce ou du mortier tel angle que l'on jugera par l'estime être le

LIV. V.  
CHAP.  
III.

Senti-  
ment du  
R. P. de  
Challes  
pour les  
portées  
sur des  
plans in-  
clinés.

le plus approchant de celui que l'on demande ; & sur cette position rechercher par la règle de Torricelli, c'est - à - dire par les proportions des tangentes, quelle est la longueur de la ligne AD ? qui se trouvant conforme à l'amplitude de la Parabole qui se fait sous l'angle de l'inclination que l'on a prise , & que l'on trouve dans les tables de Galilée ou de Torricelli, fait voir que c'est justement sous cet angle que la pièce ou le mortier doit être élevé. Mais si cette longueur se trouve plus grande ou moindre que cette amplitude, il faut augmenter ou diminuer cet angle d'inclination tant de fois que la longueur AC par le calcul des tangentes devienne à la fin la même que l'amplitude de la Parabole faite sous l'angle supposé.



## CHAPITRE IV.

*Probleme proposé pour les portées sur plans inclinez.*

LIV. V.  
CHAP.  
IV.

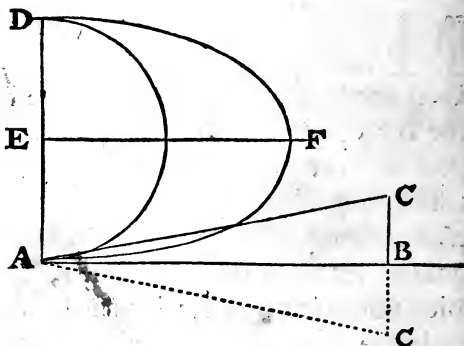
Pro-  
bleme  
proposé  
pour les  
portées  
sur les  
plans in-  
clinés.

**M**Ais comme cette manière de chercher en tatonant est peu Géométrique, j'ai travaillé moi-même sur ce probleme : & quoi que j'en aye trouvé assez facilement la résolution par l'analyse ; parce néanmoins qu'il y a des manières plus élégantes les unes que les autres, j'ai bien voulu le proposer dans nôtre Academie Royale des Sciences en ces termes.

*Le Triangle ABC, dont la base AB est parallèle à l'horizon, étant donné, & la demi ellipse AFD donnée, dont le petit Axe AD perpendiculaire à AB est égal à la moitié du grand axe EF. Trouver la Parabole qui passe par les points donnez A & C, & dont le sommet soit dans la ligne elliptique AFD. C'est-à-dire qu'ayant à jeter une bombe du point A sur le point C élevé sur l'horizon AB ou abaissé au-dessous ; il faut trouver l'angle de l'in-*

LIV. V.  
CHAP.  
IV.Pro-  
blème  
proposé  
pour les  
portées  
sur les  
plans in-  
clinés.

l'inclination du mortier, qui la chaf-  
fant, lui fasse décrire une parabole qui  
passe par le point C. Et comme l'on  
suppose que la charge du mortier est



toujours la même, & qu'il a été dé-  
montré ailleurs que toutes les para-  
boles, partant d'un même point avec  
même force en toutes sortes d'éléva-  
tion, ont leur sommet dans une ellipse  
dont le grand axe est quadruple du  
petit; l'on voit la raison que j'ai eue  
de proposer ce problème comme il est  
dans la simplicité de ses conditions.

CHA-

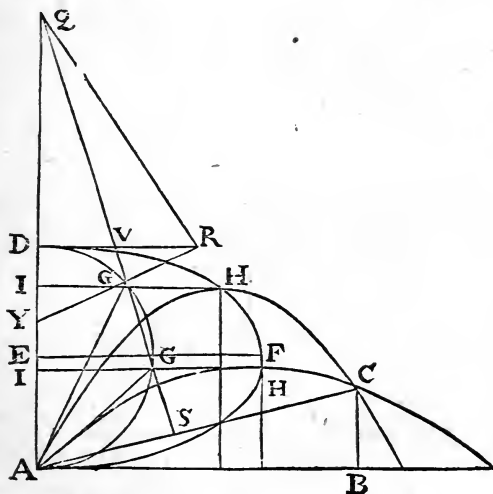
## CHAPITRE V.

*Résolution du problème par Monsieur Bœt.*

LIVR.V.  
CHAP.  
V.

Ré-  
solution  
du pro-  
blème  
par Mr.  
Puot.

**M**onsieur Buot a le premier apporté cette résolution. Ayant mené du point D la droite DR, parallèle & égale à la moitié de AB & partagée en deux également en V; & pris sur AD la portion DY égale à BC



& mené Y R ; il élève au point  
R la



sommets des Paraboles qui passeront par A & C & dont le parametre sera le quadruple de la ligne I D.

LIV. V.  
CHAP. V.

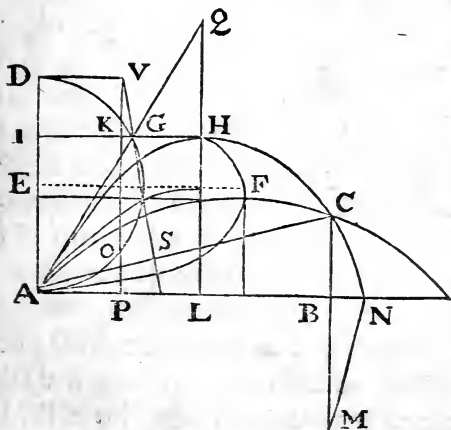
CHAPITRE VI.

*Résolution du probleme par Monsieur Rômer.*

LIV. V.  
CHAP. VI.

Monsieur Rômer voiant par cette figure que la droite DV est le quart de AB, & VS perpendiculaire à AC; en a de beaucoup abrégé

Résolution du probleme par Mr. Rômer.



la construction. Car il ne fait que mener du point D la droite DV parall-

LIV. V. rallele & égale au quart de la ligne  
 CHAP. A B, & du point V abaisser la droite  
 VI.

Ré- VS perpendiculaire sur AC; car cette  
 solution du droite touchera ou coupera le demi-  
 problé- cercle dont le diametre est AD en des  
 me par points comme G, par lesquels en me-  
 Mr. Ro- nant des paralleles à AB jusqu'à l'el-  
 mer. lipse, elles y marqueront en H le som-  
 met des Paraboles.

Sa démonstration est fort aisée ;  
 supposant la Parabole décrite A H N  
 dont le sommet est H & l'axe HL, au-  
 quel du point V il mene VP parallele  
 coupant IGH en K, AC en O & AB  
 en P ; & continuant la droite C B , il  
 prend B M, égale au quadruple de ID  
 & mene la ligne M N. Puis il dit, l'axe  
 de l'ellipse EF étant double du demi-  
 diametre du cercle E D, la droite I H  
 ou A L sera aussi double de I G ; & le  
 quarré de A L quadruple du quarré le  
 I G, c'est-à-dire du rectangle A I D ; &  
 partant le quarré de A L sera égal  
 au rectangle sous A I ou H L & B M  
 quadruple de I D. Maintenant les  
 deux triangles rectangles V S O : V  
 K G :

K G : ayant l'angle V commun, sont  
 semblables; aussi bien que les deux  
 triangles rectangles V S O : A P O qui  
 ont les angles égaux au sommet O; &  
 partant les deux V K G, A P O ou A B  
 C sont aussi semblables: de plus com-  
 me la toute A N est quadruple de I G,  
 ainsi que la retranchée A B quadruple  
 de D V ou I K; le reste B N sera aussi  
 quadruple du reste K G. Et comme B  
 M est aussi quadruple de I D ou K V :  
 dans les deux triangles rectangles M B  
 N, V K G, la droite B M sera à B N  
 comme V K à K G. Mais comme V K  
 est à K G, ainsi A B est à B C; donc A B  
 est à B C comme B M est à B N. Et par-  
 tant les deux rectangles A B N, C B M  
 sont égaux. Mais nous avons fait voir  
 que le carré A L c'est-à-dire le rec-  
 tangle A L N étoit aussi égal au rec-  
 tangle H L, B M : donc en permutant le  
 rectangle A L N sera au rectangle A B  
 N, comme le rectangle H L, B M est à  
 C B M, c'est-à-dire comme la droite H  
 L est à C B; & partant comme il a été  
 démontré par Archimede, la parabole

N

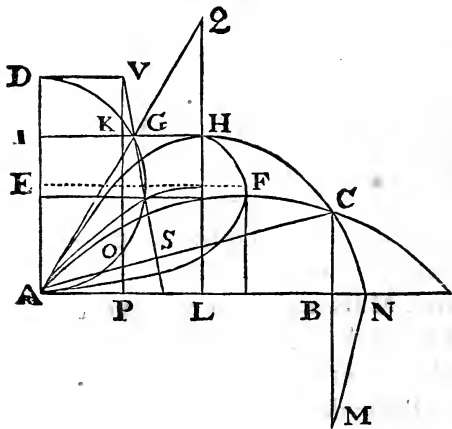
A H N

LIV. V.  
CHAP.  
VI.

Ré-  
solution  
du pro-  
blème  
par  
Mr. Rô-  
mer.

A H N dont le sommet est dans l'Ellipse en H & le parametre quadruple de la ligne I D, passera par le point donné C.

L'on peut voir que  $AG$  est la touchante en  $A$  de la même Parabole  $AGN$ . Car étant continuée en  $Q$ , où elle rencontre l'axe  $LH$  prolongé,  $H$



G étant égale à IG dans les triangles semblables QHG, AIG ; AI ou HL sera aussi égale à HQ.

CHA.



## CHAPITRE VII.

*Résolution du problème par Monsieur de la Hire.*LIV. V.  
CHAP.  
VII.  
Réso-lution  
du pro-  
blème  
par Mr.  
de la Hi-  
re.

**M**onsieur de la Hire après avoir vu par les termes de la proposition que la droite donnée  $AD$  est égale à l'axe  $HL$  ou  $AI$  de la Parabole que l'on cherche & au quart de son parametre, a envoyé cette élégante & facile solution à l'Académie.

Ayant du point  $D$ , mené la droite  $DG$  parallèle à  $AB$  & rencontrant la droite  $BC$  prolongée en  $G$ , puis du point  $A$  & de l'intervalle  $AD$  décrit un arc de cercle  $DMm$ , & du point  $C$  & de l'intervalle  $CG$  un autre arc  $GMm$ , ( qui se couperont en deux points comme  $Mm$  si le problème à deux solutions, ou se toucheront s'il n'en a qu'une, ou ne se rencontreront point s'il est impossible. ) Il dit que les points de leur rencontre  $Mm$ , seront les foyers des Paraboles que l'on demande ; en sorte que menant par ces points les droites  $KML$ ,  $kml$  parallèles à  $AD$ , & coupant  $KM$ ,  $km$

LIV. V.  
CHAP.  
VII.

Réso-  
lution du  
proble-  
me par  
Mr. de la  
Hire.

en deux également en  $H, h$  ; ces points seront les sommets des paraboles  $AHCO$ ,  $AhC^o$  qui du point  $A$  passeront par  $C$  & auront le quadruple de  $KH$  :  $kh$  : pour parametres.

Quoi que cette propriété de la Parabole ait été démontrée par d'autres ; à cause néanmoins que la démonstration peut donner une connoissance plus parfaite de cette matière, j'ai bien voulu la rapporter en cet endroit. Parce que la droite tirée du point  $A$  en  $M$ , où les cercles se coupent, est égale à  $AD$ , leurs quarez seront aussi égaux ; mais le quarré  $AD$  où  $KL$  est égal aux deux quarez  $KM, ML$ . & a deux fois le rectangle  $KML$  ; & le quarré  $AM$  est égal aux deux quar.  $AL, ML$ . Otant le quarré  $ML$  commun ; le quarré  $AL$  sera égal au quarré  $KM$ , c'est-à-dire à quatre quarez  $HM$ , & à deux rectangles  $KML$  c'est-à-dire à quatre rectangles  $HML$  ; mais quatre quarez  $HM$  & quatre rectangles  $HML$  sont égaux à quatre rectangles  $LHM$  ou  $LHK$  ; donc le quarré

$AL$



LIV. V. M en deux également en P, la droite  
 CHAP. A P R sera la tangente en A de la Pa-  
 VII. rabole AHO. Car ayant mené la cor-  
 Réso- lution du de du même arc DM elle sera coupée  
 proble- me par en deux également en Q tant par la  
 Mr. de la droite HI, (à cause des triangles sem-  
 Hire. blables D Q I, HQM & de l'égalité  
 des côtez D I ou K H & H M, (que  
 par la droite A P : & partant A P pas-  
 sera par le point Q où elle coupera H  
 I en deux parties égales : & dans les  
 triangles semblables A Q I : R Q H, la  
 droite A I ou H L sera égale à H R.

Démonstration des pratiques par  
les Sinus.

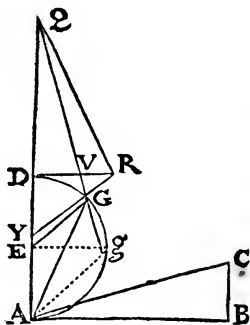
## CHAPITRE PREMIER

*Démonstration de la première pratique  
par les sinus.*

Pour venir maintenant à l'expli- CHAP.  
cation des pratiques que nous a- I.  
vons enseignées dans la seconde Dé-  
mon-  
stration  
de la pre-  
mière  
pratique  
par les  
sinus.  
partie de ce Livre au sujet des portées  
qui se font sur des plans inclinez au-  
dessus ou au-dessous du niveau des  
Batteries; nous dirons que la première  
de toutes, rapportée au quatrième Cha-  
pitre du troisième Livre de la seconde  
partie, est celle qui se fait en divisant  
le quarré de la moitié de la distance  
horizontale par la hauteur perpendi-  
culaire, & ajoutant au quotient le  
quart de la plus grande portée, pour  
faire ensuite par une règle de Trois  
que comme ce quart est à cette som-  
me, ainsi le sinus de l'inclination du  
plan est à une autre; laquelle nous don-  
nera le sinus d'un angle, auquel si nous

Démonstration de la première pratique par les sinus.

ajoutons le même angle de l'inclina-  
tion du plan ; la moitié de la somme  
des deux nous donnera l'angle de la  
position du mortier que nous deman-  
dions.

[illegible]

rizontale  $AB$ , &  $DV$  moitié de  $DR$  ; la ligne  $DV$  est le quart de  $AB$  ;  
 & le rectangle  $ABDV$  est égal au  
 quarré  $DR$  : mais l'angle  $YRQ$  étant  
 droit, le même quarré  $DR$  est égal  
 au rectangle  $YDQ$ , c'est - à - dire  
 au rectangle  $QD : BC :$ , ( car  
 $DY$  a été prise égale à  $BC$ . ) Donc  
 les deux rectangles  $AB, DV$ , &  
 $QD$

QD, BC sont égaux, & partant AB est à BC comme QD est à DV; & les angles aux points D & B étant droits, les triangles ABC: QDV sont semblables, & l'angle DQV égal à l'angle du plan BAC.

LIV. VI.  
CHAP.  
I.

Démonstration de la première pratique par les sinus.

Maintenant le carré DR étant égal au rectangle QD, BC; si je divise le carré DR moitié de la longueur horizontale AB par la hauteur perpendiculaire BC? j'aurai la droite QD; à quoi si j'ajoute la longueur ED, qui est le quart de la plus grande portée, il me viendra la toute EQ; & faisant dans le triangle QEG que comme EG le quart de la plus grande portée est à la toute EQ, ainsi le sinus de l'angle EQG égal à l'angle du plan est à un autre, j'aurai le sinus de l'angle EGQ, qui avec l'angle du plan EQG est égal à l'angle AEG; & celui-ci, étant au centre, est double de l'angle à la circonférence ADG ou de son

N s

égal

LIV. VI.  
CHAP.  
I.

Démon-  
stration  
première  
de la pra-  
tique par  
les sinus.

égal B A G ; il paroît donc qu'il ne faut que prendre la moitié de la somme des deux angles D Q G & E G Q pour avoir l'angle B A G qui est celui de la position du mortier que l'on recherche.

## CHAPITRE II.

*Démonstration de la seconde pratique  
par les sinus.*

CHAP.  
II.

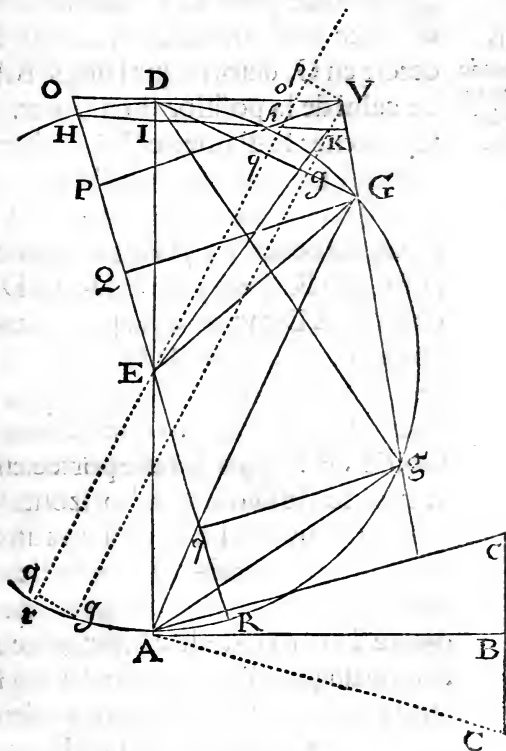
Démon-  
stration  
de la se-  
conde  
pratique  
par les  
sinus.

**L**A seconde est de Mr. Rômer rap-  
portée au cinquième Chapitre du  
troisième livre de la seconde partie.  
Elle ordonne que l'on fasse que com-  
me la moitié de la plus grande portée  
est à la moitié de la distance horizon-  
tale, ainsi le sinus total soit à un autre ;  
auquel il faut ajouter la tangente de  
l'angle du plan lors-que l'inclination  
est sur l'horizon. Puis faire que com-  
me le sinus total est au sinus du com-  
plement de l'angle du plan, ainsi cet-  
te somme soit à une autre, qui sera le  
sinus d'un autre angle ; auquel si l'on  
ajoute l'angle du plan, l'on aura le  
double de celui de la position du  
mor-



mortier quel'on demande. Si l'inclina-  
tion est au-dessous il faut ôter ce que  
l'on ajoute lors-qu'elle est au-dessus.

LIV. VI.  
CHAP.  
II.



La démonstration s'en voit dans

N 6

cette

LIV. VI.  
CHAP.  
II.

Dé-  
mon-  
stration  
de la  
seconde  
pratique  
par les  
sinus.

cette figure, dans laquelle A D dia-  
metre du cercle perpendiculaire à  
l'horizon est toujours la moitié de la  
plus grande portée, DV le quart de la  
distance horizontale, & VG coupe le  
cercle en G, desorte que l'angle BAG  
est celui de la position du mortier. Il  
faut mener le diametre OR faisant a-  
vec DA l'angle O E D égal à celui du  
plan BAC & continuer la droite VD  
en O; & mener VP, GQ perpendicu-  
laires à O R. Cela posé E D est à D V  
comme AD moitié de la plus grande  
portée est au double de DV c'est-à-di-  
re à la moitié de la distance horizon-  
tale. Si donc l'on fait que comme la  
moitié de la plus grande portée est à  
la moitié de la distance horizontale,  
ainsi le sinus total E D est à un autre;  
nous aurons la droite DV en parties é-  
gales à celles des sinus, & ajoutant la  
droite D O c'est-à-dire la tangente de  
l'angle du plan, l'on a en parties des si-  
nus la toute OV. Maintenant les deux  
triangles rectangles OPV, ODE ayant  
un angle commun au point O sont  
sem-

semblables, & l'angle  $OVP$  est égal à  $OED$  c'est-à-dire à l'angle du plan. Deplus si dans le triangle rectangle  $VPO$  nous prenons  $VP$  pour sinus total,  $VO$  sera la sécante de l'angle  $OVP$  : mais comme la sécante d'un angle est au sinus total, ainsi le sinus total est au sinus du complement du même angle ; si donc nous faisons que comme le sinus total est au sinus du complement de l'angle du plan ; ainsi  $OV$  est à un autre, nous aurons la droite  $VP$  & son égale  $GQ$  sinus de l'angle  $GER$  ; auquel ajoutant l'angle du plan  $AER$ , il vient l'angle du centre  $AEG$  double de l'angle à la circonférence  $ADG$  ou de son égal  $BAG$  qui est celui que l'on recherche.

Si le plan étoit incliné sous l'horizon, il faudroit mener la droite  $oe$  de l'autre part, & lui tirer les perpendiculaires  $Vp$  &  $gq$  : puis ayant trouvé la droite  $DV$  en ôter  $Do$  tangente de l'angle du plan  $DEo$ , & par le moïen du reste  $oV$  trouver la droite

Vp ou  $g$  sinus de l'angle  $r E g$ ; d'où ôtant le même angle du plan  $A E r$ , il reste l'angle  $A E g$  double de  $B A g$ : que l'on recherche pour la position du mortier.

---

## CHAPITRE III.

*Démonstration de la troisième pratique  
par les sinus.*

CHAP.  
III.

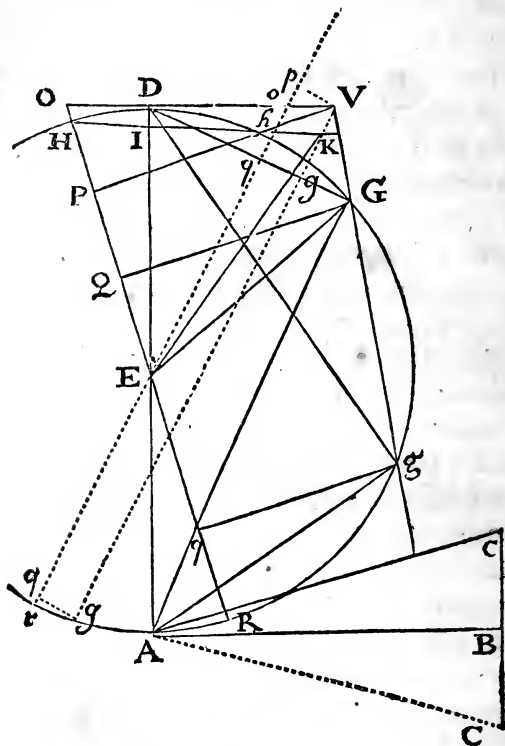
Dé-  
mon-  
stration  
de la  
troisième  
pratique  
par  
les sinus.

**L**A troisième est aussi de Mr. RÔ-  
mer rapportée au sixième Chapi-  
tre du troisième livre de la seconde  
partie. Par laquelle il faut multi-  
plier le sinus du complement de l'an-  
gle du plan par la distance horizonta-  
le, & diviser le produit par la plus  
grande portée, pour avoir au quotient  
un certain nombre; puis ajoutant à  
ce nombre le sinus du même angle du  
plan s'il est incliné sur l'horizon, ou  
l'ôtant s'il est au-dessous, l'on aura  
le sinus d'un angle; après quoi il faut  
à cet angle ajouter ou ôter l'angle du  
plan; pour avoir le double de celui  
de la position du mortier que l'on de-  
mande.

mê-

En voici la démonstration dans la même figure ; après avoir mené la droite  $HIK$  parallèles à  $VO$ , si l'on pose  $ED$  sinus total,  $HI$  sera le sinus de l'angle du plan  $HEI$ , &  $EI$  le sinus de son complément. Et comme  $ED$  est un quart de la plus grande portée, ainsi que  $DV$  le quart de la distance horizontale ; il paroît que  $DE$  est à  $DV$  comme la plus grande portée est à la distance horizontale ; mais comme  $DE$  est à  $DV$ , ainsi  $EI$  est à  $IK$ , il s'ensuit que la plus grande portée, la distance horizontale, le sinus du complément de l'angle du plan, & la droite  $IK$  en parties égales à celles des sinus, sont quatre quantitez continuellement proportionnelles ; & pour avoir  $IK$ , il ne faut que multiplier la distance horizontale par le sinus du complément de l'angle du plan & diviser le produit par la plus grande portée. Deplus si l'on ajoute à  $IK$  la droite  $IH$ , c'est-à-dire le sinus du même angle du plan (si l'inclination est sur l'horizon,) l'on aura la route  $HK$  ;

HK; laquelle est égale à VP; car O  
V est à HK comme DE ou HE est à E  
I; mais comme H E est à EI, ainsi OV



est à VP, à cause que les triangles HEI  
ou

ou O E D & O V P sont semblables. LIV. VI.  
 Donc O V à même raison à H K & à CHAP.  
 V P ; & partant H K est égale à V P III.  
 c'est-à-dire à G Q : g q : sinus de l'angle De-  
 R E G : R E g : auquel angle si l'on ajoû- mon-  
 te l'ang. du plan A E R, l'on aura l'an- stration  
 gle A E G, A E g double de B A G, B A de la  
 g qui est celui de la position du mortier troisiéme  
 que l'on demande. C'est la même pratique  
 démonstration lors-que l'inclination par les si-  
 du plan est au-dessous de l'horizon. nus.

## CH A P I T R E I V.

*Démonstration de la quatrième pratique  
 par les sinus.*

**L**A quatrième pratique rapportée CHAP.  
 au septième Chapitre du troisié- IV.  
 me Livre de la seconde partie veut, Dé-  
 lors-que le plan est incliné sur l'hor- mon-  
 zon, que l'on multiplie la différence stration  
 entre la plus grande portée & la hau- de la  
 teur perpendiculaire par la même qua-  
 hauteur, & que le produit soit divisé triéme pra-  
 par la longueur du plan incliné ; puis tique par  
 ôtant le Quotient de la même lon- les sinus.  
 gueur,

LIV. VI.  
CHAP.  
IV.

Dé-  
mon-  
stration  
de la  
quatrié-  
me pra-  
tique  
par les  
sinus.

gueur, il faut ajoûter la moitié du res-  
te au même quotient, & faire que  
comme cette somme est à la moitié  
de la plus grande portée, ainsi le sinus  
total est à un autre; qui sera la sécán-  
te d'un angle, auquel ajoûtant ou ô-  
tant l'angle du plan, il vient un autre  
angle; lequel ajoûté ou ôté de l'angle  
droit, produit le double du comple-  
ment de celui de la position du mor-  
tier que l'on demande.

Elle est fondée sur la proposition de  
Monsieur de la Hire. Soit dans sa fi-  
gure prolongée la droite  $AH$  jusqu'en  
 $O$ , en sorte que  $HO$  soit égale à  $AH$ ;  
puis du point  $H$  comme centre & de  
l'intervalle  $HC$ , soit fait le cercle  $K$   
 $CLM$  qui coupera  $AC$  en  $L$  &  $AO$   
en  $M$  &  $K$ ; puis du point  $H$  soit me-  
née  $HI$  perpendiculaire à  $AC$ . Cela  
posé: comme  $AO$  est double de  $AD$   
ou  $BG$ , &  $MK$  double de  $HC$  ou  $C$   
 $G$ ; les droites  $AM$ ,  $KO$  sont chacu-  
ne égale à  $BC$ . De plus  $AD$  étant le  
plus grand jet perpendiculaire,  $AO$   
double de  $AD$  sera égale à la plus  
gran-





LIV. VI.  
CHAP.  
IV.

Dé-  
mon-  
stration  
de la  
quatrième  
pratique par  
les sinus.

visant le produit par  $AC$  longueur du plan incliné; nous aurons la droite  $AL$ , laquelle étant ôtée de la même longueur  $AC$ , donne le reste  $LC$ ; dont la moitié  $LI$  ajoutée à la même  $AL$ , nous fait connoître la droite  $AI$ . Maintenant si dans le triangle  $IAH$  nous prenons  $AI$  pour sinus total,  $AH$  sera la sécante de l'angle  $IAH$ ; & partant si nous faisons que comme  $AI$  est à  $AH$  ou  $AD$  moitié de la plus grande portée, ainsi le sinus total est à un autre; nous aurons cette sécante, & par son moïen l'angle  $IAH$ , auquel ajoutant ou ôtant l'angle du plan  $BAC$ , il vient l'angle  $BAH$ ; qui soustrait ou ajouté au droit  $BAD$ , laisse  $HAD$ , dont la moitié  $DAP$  est le complement de l'angle  $BAP$  de la position du mortier que l'on demande.

Si le plan étoit incliné sous l'horizon, il faudroit, comme nous avons dit, multiplier la somme de la plus grande portée & de la hauteur perpendiculaire par la même hauteur; & diviser le produit par la longueur du plan



LIV. VI. quotient; & faire que comme le re-  
 CHAP. ste est à la moitié de la plus grande  
 IV. portée, ainsi le sinus total soit à un  
 Dé- autre, qui sera la sécante d'un angle;  
 mon- duquel ôtant ou ajoutant l'angle du  
 stration plan, il vient un autre angle, qui ôté  
 de la ou ajouté à l'angle droit produit le  
 quatri- double du complement de celui que  
 me pra- l'on recherche.  
 tique par les sinus.

La démonstration est presque la même que la précédente; car dans cette figure où l'angle de l'inclination  $BAC$  est sous le niveau des batteries, & où  $CG$  demi-diametre de l'arc  $GH$  est égal à la somme des deux  $AD$  moitié de la plus grande portée &  $BC$  hauteur perpendiculaire: ayant prolongé la droite  $AH$  de part & d'autre, & pris  $HO$  égale à  $HA$ , il faut du centre  $H$  & de l'intervalle  $HC$  décrire l'arc  $KCM L$  qui coupera  $CA$  prolongée en  $L$ , &  $AH$  aussi prolongée en  $M$  &  $K$ . D'où il paroît que  $AK$  est la somme de la plus grande portée  $AO$  & de la hauteur perpendiculaire  $OK$  ou  $BC$ ; & qu'à cause  
 de



LIV. VI.  
CHAP.  
IV.


Dé-  
mon-  
stration  
de la  
quatrième  
me pra-  
tique  
par les  
sinus.

perpendiculaire par la même hauteur  
AM ou BC, l'on divise le produit par  
la longueur du plan incliné AC, l'on  
aura la longueur AL; laquelle ajoû-  
tée à la même AC donne CL, dont la  
moitié est LI; d'où ôtant la même A  
L, il reste AI qui, dans le triangle AI  
H, étant prise pour le sinus total, A  
H ou AD moitié de la plus grande  
portée sera la sécante de l'angle IAH;  
duquel ôtant ou ajoutant l'angle du  
plan BAC, le reste où la somme est  
BAH, qu'il faut ôter ou ajouter à  
l'angle droit BAD pour avoir l'angle  
DAH, dont la moitié DAP est le  
complement de l'angle BAP de la po-  
sition du mortier que l'on demande.

## Démonstration des pratiques par les instrumens.

## CHAPITRE PREMIER.

*Démonstration de la première pratique par le demi-cercle de Torricelli rectifié.*

 A cinquième pratique, rapportée au huitième Chapitre du troisième livre de la seconde partie est l'usage du demi-cercle de Torricelli, auquel Mr Rômer a seulement ajouté au point inférieur du diamètre D, une règle D B égale, semblablement divisée, & parallèle au demi-diamètre E F, avec un filet qui coulant au long de la même D B, puisse s'étendre par tout le demi-cercle. L'usage est tel ; il faut du point A conter sur le limbe le nombre de degrés contenus dans l'angle donné de l'inclination du plan, comme l'arc A M, & appliquant le filet du point D en M, voir qu'il coupe le demi-diamètre E F comme en H, & conter le nombre des parties contenues

O

depuis

LIV. VII.

Démonstration des pratiques par les instrumens.

CHAP. I.

Démonstration de la première pratique par le demi-cercle de Torricelli rectifié.

LIV. VII. depuis le centre E jusqu'en H. En-  
CHAP. suite il faut prendre sur DB la lon-  
I.

Dé-  
mon-  
stration  
de la pre-  
mière  
pratique  
par le de-  
mi-cer-  
cle de  
Torri-  
celli re-  
ctifié.

gueur DV, enforte que comme la plus grande portée est à la distance horizontale proposée, ainsi EF ou DB soit à DV, & ayant pris sur EF la longueur EI égale à DV, y ajouter la longueur IL égale à EH pour avoir la toute EL, (si l'inclination du plan est sur l'horizon, ) ou en ôter la même longueur IN pour avoir le reste EN (si elle est sous l'horizon. ) Enfin du point V il faut faire passer le filet par les points L ou N & l'étendre sur le limbe du demi-cercle, qu'il coupera en des points comme en G, Q, lors-que l'inclination est au-dessus, ) ou en O, P, ( lors-qu'elle est au-dessous ; ) qui sont ceux où il faut que le plomb pendant en A tombe, quand le bras DC est dans l'ame du mortier pour le faire porter au lieu ordonné.

Pour l'intelligence de cette pratique, il ne faut que comparer la figure de la proposition de M<sup>r</sup> Rômer que nous avons expliquée ci-devant avec



ce demi-cercle de Torricelli; dans le-  
quel comme il n'y a que 90 degrés  
marquez dans toute la circonférence  
AFD qui en contient 180, il paroît que  
chacun en vaut deux, c'est-à-dire que  
l'angle AEM a deux fois plus de dég.  
qu'il n'y en a de marquez dans l'arc A  
M: mais l'angle ADM est la moitié  
de AEM; & partant les degrés mar-  
qués dans l'arc AM sont ceux de l'an-  
gle ADM, qui par ce moien est égal  
à celui de l'inclination du plan propo-  
sé. Et comme dans les deux triangles  
semblables DEH, VIL ou VIN, les  
deux côtez DE, EH sont égaux au  
deux VI, IL ou VI, IN; il s'ensuit que  
les angles EDH, IVL ou IVN sont é-  
gaux.

Maintenant comme DV est qua-  
trième proportionnelle à ces trois  
quantités savoir, la plus grande por-  
tée, la distance horizontale, & le demi-  
diametre EF; si nous supposons, que F  
E soit égale au quart de la plus grande  
portée, DV fera le quart de la distan-  
ce horizontale: mais du point V l'on

LIV. VII. a mené la droite  $VL$  ou  $VN$  faisant  
 CHAP. avec  $VI$  parallele au diametre  $AD$ ,  
 I. l'angle  $IVL$  ou  $IVN$  égal à celui de  
 mon- l'inclination du plan. Donc par la  
 stration de la pre- proposition de Mr Rômer, cette ligne  
 mière coupera le demi-cercle en des points  
 pratique comme  $G$ ,  $Q$  ou  $O$ ,  $P$ , par lesquels si  
 par le de- on mene les droites  $AG$ ,  $AQ$ , ou  $AO$ ,  
 mi-cer-  $AP$  & la droite  $AR$  parallele à  $EF$ , les  
 cle de angles  $RAG$ ,  $RAQ$ , ou  $RAO$ :  $RAP$ :  
 Torri- sont ceux de la position du mortier  
 celli re- que l'on recherche. Mais dans le  
 étifié. demi-cercle de Torricelli les angles  
 $RAG$ ,  $RAQ$ , ou  $RAO$ ,  $RAP$  sont  
 égaux respectivement aux angles  $AD$   
 $G$ ,  $ADQ$ , ou  $ADO$ ,  $ADP$  qui sont  
 ceux de l'inclination du mortier, lors-  
 que le plomb tombe du point  $A$  sur  
 les points  $G$ ,  $Q$ , ou  $O$ ,  $P$ ; & partant  
 le mortier disposé de cette manière  
 chassera la bombe au lieu ordonné.

## CHAPITRE II.

LIV. VII.  
CHAP.  
II.*Démonstration des pratiques par un instrument  
pour toutes sortes de jets.*Dé-  
mon-  
stration  
des pra-  
tiques  
par un in-  
stru-  
ment  
pour  
toutes  
sortes de  
jets.

**L**A sixième pratique rapportée au premier Chapitre du quatrième Livre de la seconde partie est d'un autre instrument dont nous avons décrit la construction & l'usage tant pour les portées qui se font sur le niveau des batteries, que pour celles qui se doivent faire au-dessus ou au-dessous du même niveau. Elle est fondée sur la proposition de M<sup>r</sup> de la Hire que nous avons expliquée ci-devant.

## CHAPITRE III.

*Pour les jets qui sont au niveau des batteries.*CHAP.  
III.Pour  
les jets  
qui sont  
au ni-  
veau des  
batte-  
ries.

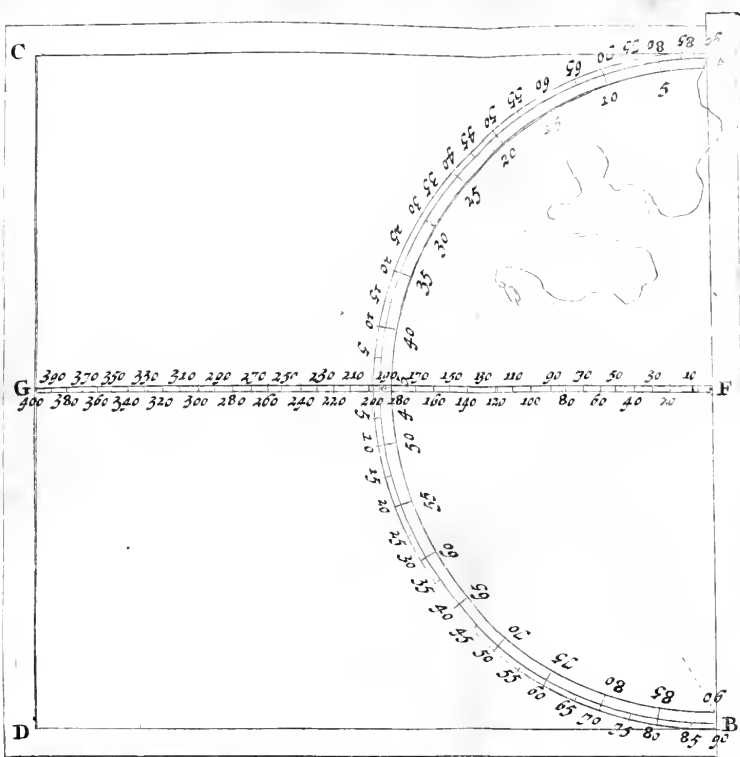
**P**Our la bien entendre nous parlerons premièrement des coups étendus sur le niveau des batteries rapportés au second Chapitre du même livre : comme si connoissant la portée d'une pièce ou d'un mortier, par ex-

Pour  
les jets  
qui sont  
au ni-  
veau des  
batte-  
ries.

318 L'ART DE JETTER

emple, de 400 toises sur l'élévation de 21 dég; l'on veut savoir quelle sera la portée sous l'élévation d'un autre angle, comme sous celle de 30 dég. ? il faut ouvrir le compas commun de la grandeur du demi-diametre F A du demi-cercle, & posant un de ses piés sur le point 21 dég. marquez sur le limbe intérieur, voir où de l'autre il coupera la droite F G, qui sera, par exemple, où elle a 266 parties; puis posant le même pié sur le point de 30 dég. marquez au même limbe & tenant le compas ainsi ouvert, voir où de l'autre pié il rencontrera la même F G, (qui sur cette hypothése sera où elle a 346 part.) En-suite faisant que comme 266 est à 346, ainsi la longueur de 400 to. est à une autre l'on aura 520 to. pour la portée que l'on cherche sous l'élévation de 30 dég.

Ce qui est facile à concevoir si l'on se souvient que par la proposition de M<sup>r</sup> de la Hire, le demi-cercle & l'arc fait du centre 346, ayant un même rayon, le point de leur intersection, qui



LI  
C  
II

les  
qu  
au  
ve  
ba  
rie

qui

qui est 30 degrés ; est le foyer d'une Parabole qui passera du point F à celui de 346 , & aura pour touchante la droite F 15 , où l'arc A 30 est divisé en deux également ; ainsi par la même raison le point 21 degrés de l'intersection du même demi cercle & de l'arc fait du centre 266 , est le foyer d'une autre Parabole dont l'amplitude est la droite F 266 , & la touchante F 10<sup>1</sup> dégr. , où l'arc A 21 dégr. est divisé en deux également. C'est-à-dire que supposant que le mortier posé suivant la direction de la touchante F 10<sup>1</sup> degrés qui est suivant l'angle AB 21 dégr. , a chassé à la distance de 266 ; il chassera à celle de 346 , quand on le disposera suivant la direction de la touchante F 15 , c'est-à-dire suivant l'angle A B 30 : mais comme 266 est à 346 , ainsi 400 est à 520 to. Donc s'il a chassé à 400 to. sous l'angle A B 21 , c'est-à-dire de 21 dégr. , il portera à 520 toises sous A B 30 , c'est-à-dire de 30 degrés ; ou lors-que le bras B X étant dans l'ame du mortier , le

Pour  
les jets  
qui sont  
au ni-  
veau des  
batteries.

LIV. VII  
CHAP.  
III.

Pour  
les jets  
qui sont  
au ni-  
veau des  
batte-  
ries.

plomb tombe du point A sur celui de  
30 degrés du bord intérieur.

Mais si posant la portée de 400 toises sous l'angle de 21 degrés, l'on vouloit savoir à quel angle il faudroit poser le mortier pour chasser à 520 toises ? Après avoir posé la pointe du compas ouvert du rayon du demi-cercle sur 21 degrés du limbe intérieur, & vû que de l'autre pointe il coupe la droite FG au point 266 ; il faut faire que comme 400 est à 266, ainsi 520 à une autre, qui sera 346, qu'il faut prendre sur la même FG, & y mettre la pointe du compas toujours ouvert de la grandeur du rayon FA, pour voir où il coupera de l'autre pointe le demi-cercle, qui sera au point 30 du limbe intérieur ; ce qui marque que le mortier doit être posé suivant l'angle de 30 dégr. pour le faire chasser à 520 toises. Car les deux points du bord intérieur 21 : 30 : sont les foyers de deux Paraboles dont les amplitudes sont les longueurs F 266 : F 346 : & les tangentes F 101, F 151 ;  
d'où



d'où il s'ensuit que le mortier posé suivant la direction de la ligne F 10, c'est-à-dire élevé selon l'angle A B 21 ou de 21 dégr. ayant chassé à la longueur de 266 parties ; il chassera à celle de 346 s'il est posé suivant la direction de la droite F 15, c'est-à-dire élevé selon l'angle A B 30 ou de 30 dégr. ; mais comme 266 est à 346 ainsi 400 to. est à 520 to. ; si donc il a chassé à 400 to. à 21 dégr. ; il faut l'élever à 30 dégr. pour le faire chasser à 520 toises, ainsi qu'il est ordonné. Ce qui arrive si le bras BX étant parallèle à l'ame du mortier, le plomb tombe du point A sur les points marquez 21 & 30 du bord intérieur du demi-cercle.

LIV. VII.  
CHAP.  
III.

Pour  
les jets  
qui sont  
au ni-  
veau des  
batter-  
ies.

#### CHAPITRE IV.

*Pour les jets qui ne sont pas au niveau des batteries*

CHAP.  
IV.

Pour  
les jets  
qui ne  
sont pas  
au ni-  
veau des  
batteries.

**P**our s'en servir à la détermination des portées sur les plans inclinez rapportées au troisième Chapitre du quatrième Livre de la seconde partie ; il faut, ainsi que nous avons dit,

O 5

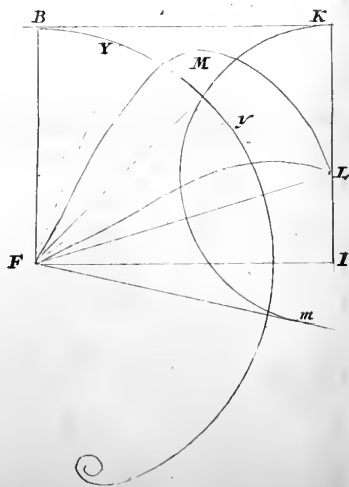
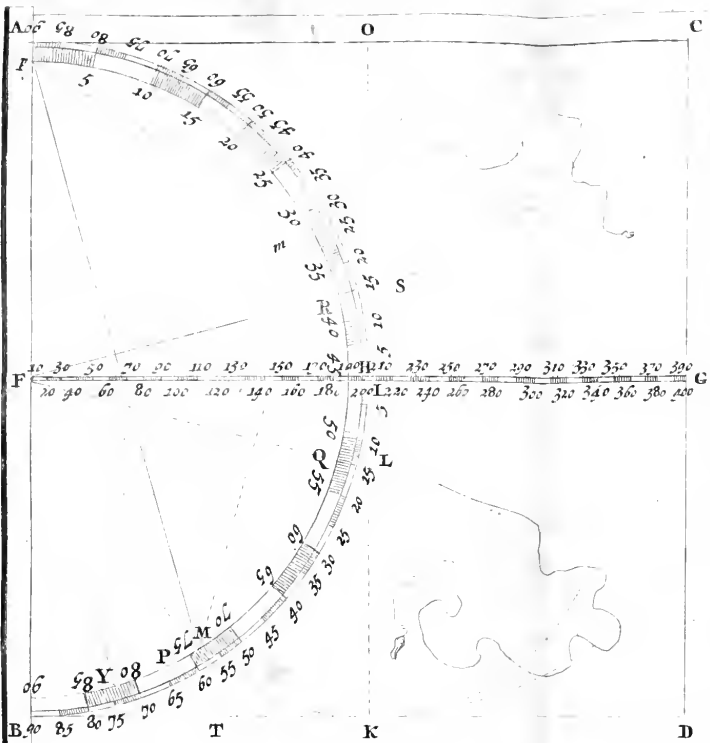
lors-

LIV.VII.  
CHAP.  
IV.

Pour  
les jets  
qui ne  
sont pas  
au niveau  
des bat-  
teries.

lors-que connoissant la plus grande portée comme de 600 toises l'angle du plan de 15 degrés, & la distance horizontale de 310 to, l'on veut connoître à quel angle il faut élever la pièce ou le mortier pour le faire porter au lieu ordonné; faire ainsi que nous avons fait au quatrième chapitre du même livre, que comme 600 to. est à 310, ainsi 400 qui est le plus grand nombre des parties contenuës dans la droite FG est à un autre, qui sera 206 répondant au point I; puis faisant passer le filet du centre F par le point Q où les 15 degrés sont marquez sur le bord extérieur du demi-cercle à conter du point H vers B, ( si l'inclination est sur l'horizon, ) marquer où il coupe la guide OIK passant par le point I, qui est au point L; lequel doit servir de centre à l'arc KM dont le rayon est LK égal à la différence du demi-diametre FB ou IK & de la hauteur perpendiculaire IL; car les points M où cet arc coupera le demi-cercle, seront les foyers des

Para-





Paraboles qui dans la figure de Mr de la Hire passeront du point F en L, & dont les touchantes son F Y : F y: ainsi qu'il a été démontré ci-devant. Où l'on voit qu'un mortier élevé suivant la direction de l'angle I F Y ; I F Y y, c'est-à-dire dans le demi-cercle OAM, OAm ou de leurs égaux A B M, A B m portera sur un lieu élevé de 15 degrés sur l'horizon à la distance horizontale FI de 206 parties, lors-que la plus grande portée F G est de 400 parties ; & partant à celle de 310 to. , si la plus grande portée est de 600 to. Mais le mortier est élevé suivant la direction de ces angles , lors-que le bras B X étant parallele à l'ame , le plomb tombe du point A sur les points M ou m ; l'on a donc la position recherchée pour le faire chasser au lieu que l'on demande.

Si l'inclination est sous l'horizon , comme en la pratique rapportée au cinquième Chapitre du quatrième livre de la seconde partie ; le filet du point F doit passer par R où les 15. degrés

LIV.VII.  
CHAP.  
IV.

Pour  
les jets  
qui ne  
sont pas  
au niveau  
des batte-  
ries.

LIV. VIII  
CHAP.  
IV.

Pour  
les jets  
qui ne  
sont pas  
au niveau  
des bat-  
teries.

du plan sont marquez du point H vers A ; & le point S, où il coupe la guide OK passant par le point I, doit être le centre de l'arc K P  $p$ , dont le rayon est SK égal à la somme du demi-diametre FB ou IK & de la hauteur perpendiculaire IS : & les deux points P :  $p$ , où cet arc coupe le demi-cercle, sont les foyers des Paraboles qui du point F, dans la figure de M<sup>r</sup> de la Hire, passeront par le point S abaissé de 15 degrés sous l'horizon des batteries, ainsi qu'il a été démontré ci-devant ; & leurs touchantes seront FZ : F  $z$ . Desorte qu'un mortier posé suivant la direction des angles IFZ, IF  $z$  ou de leurs égaux dans le demi-cercle OAP, OA  $p$  : c'est-à-dire ABP, AB  $p$  ; chassera la bombe au lieu S abaissé de 15 degrés sous l'horizon IF à la distance horizontale de 206 parties, si la plus grande portée n'est que de 400 parties ; & partant à celle de 310 to. si elle est de 600 toises ; & comme le mortier est disposé suivant la direction

rection de ces angles , lors - que le bras B X étant parallèle à l'axe de l'ame, le plomb pendant en A tombe sur les points P :  $p$  : ; il s'ensuit que l'on a par ce moïen trouvé les angles de la situation que l'on demande.

LIV. VII.  
CHAP.  
IV.

Pour  
les jets  
qui ne  
sont pas  
au ni-  
veau  
des bat-  
teries.

Enfin pour connoître, par la pratique enseignée au sixième chapitre du même livre, la distance horizontale, la longueur du plan incliné & la hauteur perpendiculaire , lors - que la plus grande portée comme de 600 toises , l'angle du plan comme de 15 degrés sur le niveau de la batterie, & celui de l'élévation du mortier comme de 72 degrés, sont donnez ; il faut, ainsi que nous avons dit , du point Q où se terminent les 15 degrés de l'angle du plan sur le bord extérieur depuis le point H vers B , prendre avec le compas l'arc QM, où sur le bord intérieur les 72 dég. de l'élévation du mortier sont marquez, & le rapporter de l'autre part sur le même cercle au point  $m$  ; puis passant le filet par les deux points  $m$  : M : voir où il coupe la droite

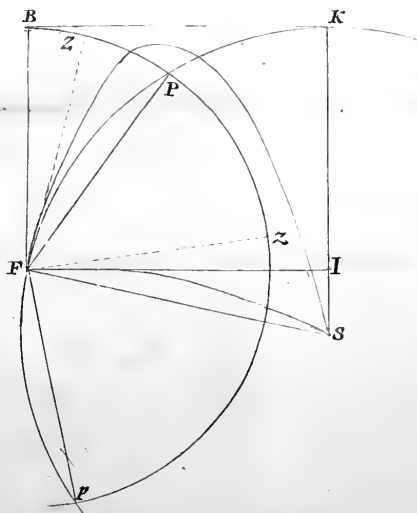
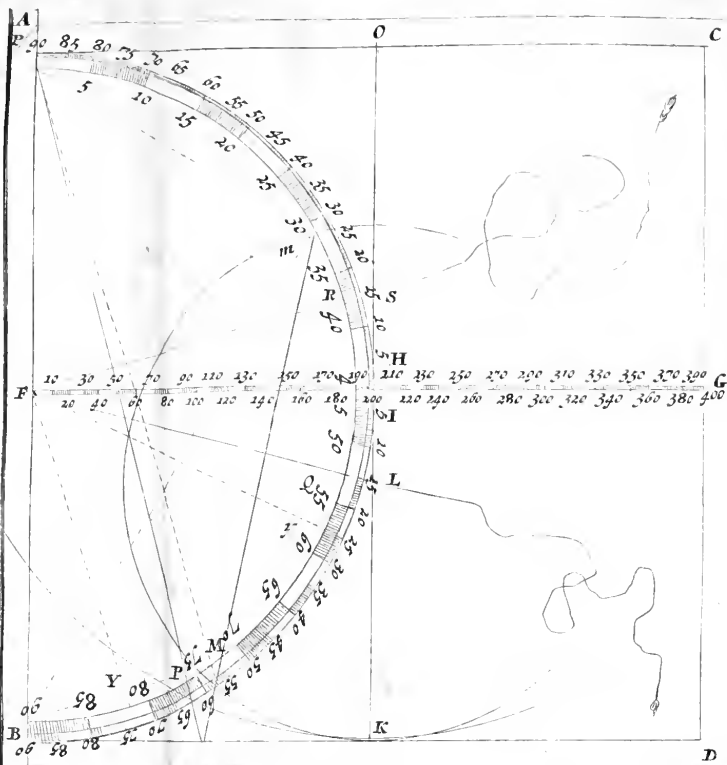
LIV.VII.  
CHAP.  
IV.

Pour  
les jets  
qui ne  
sont pas  
au ni-  
veau des  
batterie-  
s.

BD comme en T ; car BK ou FI double de BT, donnera le nombre des parties de la distance horizontale, FL celui des parties de la longueur du plan incliné, & IL celui des parties de la hauteur perpendiculaire ; supposé que la plus grande portée soit de 400 parties : ainsi faisant que comme 400 parties est à 600 toises, ainsi chacune de ces quantitez est à une quatrième, nous aurons les grandeurs que nous recherchons. La démonstration est aisée : car supposant que l'arc décrit du centre L & de l'intervalle LK ait coupé le demi-cercle aux points M:m:, qui sont, comme nous avons dit, les foyers des Paraboles recherchées ; si l'on mène une droite M m T par les mêmes points, la droite M m sera coupée en deux également par FL qui joint les centres des deux cercles, & partant l'arc QM sera égal à Qm. Et pour faire voir que BK est double de BT, il ne faut que remarquer que la droite BK touchant les deux cercles en B & en K, le rectangle m T M dans



CHA.



dans l'arc  $K M$  est égal au quarré de la touchante  $T K$  ; & dans le demi-cercle le même rectangle est égal au quarré de la touchante  $T B$  ; d'où il s'ensuit que  $T K$  &  $T B$  sont égales, &  $B K$  ou  $F I$  double de  $B T$ . Le reste n'a point de besoin de plus grande explication.

LIV. VII  
CHAP.  
IV.

Pour  
les jets  
qui ne  
sont pas  
au ni-  
veau des  
batte-  
ries.

Si l'inclination du plan est au-dessous du niveau des batteries , nous pourrons par le même raisonnement faire voir que la droite  $P$  qui passe par les points de l'intersection de l'arc  $K P$  & du demi-cercle, est coupée en deux également par la droite  $F S$  qui joint les centres des deux cercles, & partant que l'arc  $R P$  est égal à l'arc  $R$  ; & le rectangle  $p T P$  dans l'arc  $K P$  est égal au quarré de la touchante  $K T$  & au quarré de la touchante  $B T$  dans le demi-cercle ; & qu'ainsi  $B K$  ou  $F I$  est double de  $B T$ .

LIV.VII.  
CHAP.  
V.

*Démonstration des pratiques par le compas  
de proportion.*

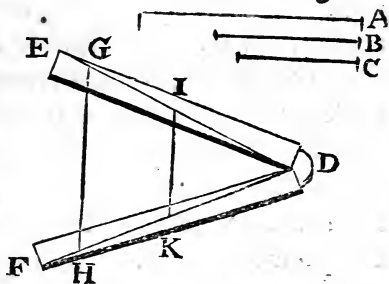
Dé-  
mon-  
stration  
des pra-  
tiques  
par le  
compas  
de pro-  
portion.

**L**A septième & dernière pratique est celle qui se fait par le moyen du compas de proportion, dont l'usage se réduit à ce seul cas ; qui est à trouver une quatrième proportionnelle à trois quantités données. Ce qui se fait avec facilité prenant sur la ligne des parties égales la grandeur de la première & lui appliquant de travers la longueur de la seconde, en sorte qu'elle fasse sur le compas ouvert la base d'un triangle Isoscelle dont les côtez égaux sont chacun de la grandeur de la première quantité ; puis ayant pris sur les mêmes parties égales la longueur de la troisième, considérer quelle en est la transversale sur le compas ainsi ouvert ? car cette grandeur est la quatrième que l'on demande.

Comme s'il falloit trouver une quatrième proportionnelle aux trois grandeurs A, B, C ; je prendrois sur les côtés DE, DF du compas de proportion

tion

tion sur la ligne des parties égales, la longueur  $DG : DH$  égale à  $A$  & j'ouvrerois le compas de telle sorte que la droite  $GH$  qui fait la base du triangle Isoscèle  $GDH$  fût égale à la seconde quantité  $B$ . Puis aiant mesuré sur les mêmes côtes  $DE : DF$  la longueur  $DI : D$  K égale à la troisième  $C$ ; je prendrois



LIV.VII.  
CHAP.  
V;  
Dé-  
mon-  
stration  
des pra-  
tiques  
par le  
compas  
de pro-  
portion.

sur la même ouverture du compas la transversale  $IK$ , qui seroit la quatrième que je recherche. Car dans les triangles semblables  $DGH$ ,  $DIK$ , la droite  $DG$  est à  $GH$ , c'est à dire  $A$  à  $B$ , comme  $DI$  ou  $C$  est à la droite  $IK$ .

Il faut de plus considérer que les parties de la ligne que l'on appelle des angles, sont les longueurs des cordes ou soutendantes des arcs de cercle à toutes les ouvertures des angles depuis

un

LIV. VII. un degré jusqu'à 180 ; ainsi 60 parties  
 CHAP. sur cette ligne font l'étendue de la  
 V. corde d'un arc de 60 degrés ou du  
 démon- demi-diametre du cercle : 45 parties  
 stration des pra- font celle de la corde de l'angle de 45  
 tiques par le dé- : 72 celle de 72 dé- : 180 par-  
 compas ties font le diametre entier qui est la  
 de pro- corde du demi-cercle. Et comme la  
 portion. corde d'un arc est le double du sinus  
 de la moitié de l'angle du même arc,  
 il s'ensuit que les sinus ont entr'eux  
 même proportion que les cordes du  
 double des angles dont ils font les si-  
 nus ; & qu'ainsi l'on peut prendre les  
 uns pour les autres.

## CHAPITRE VI.

*Pour les portées qui sont au niveau des  
 batteries.*

LIV. VII.  
 CHAP.  
 VI.

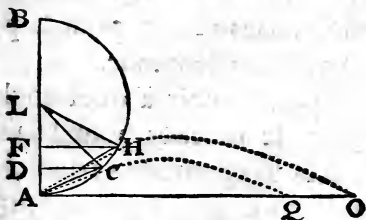
Pour  
 les por-  
 tées qui  
 sont au  
 niveau  
 des bat-  
 teries.

**C**Eci posé : reprenant la figure de  
 Torricelli , il n'est pas mal-aisé  
 de comprendre la raison de nos pra-  
 tiques : car dans la première expli-  
 quée au premier Chapitre du cinquié-  
 me livre de la seconde partie où , par  
 ex-

exemple, la portée d'un mortier étant donnée suivant un angle donné, l'on demande quelle sera celle du même mortier suivant un autre angle? comme si le mortier élevé suivant l'angle  $QAC$  de 21 dégr., a chassé à la longueur  $AQ$  de 400 toises, l'on veut savoir qu'elle est la longueur  $AO$ , à laquelle il chassera s'il est posé suivant l'angle  $QAH$  de 30 degrés? D'autant que les portées  $AQ$  &  $AO$  sont entr'elles comme les li-

LIV. VII.  
CHAP.  
VI.

Pour  
les por-  
tées qui  
sont au  
niveau  
des bat-  
teries.



gnes  $CD : HF$  : c'est-à-dire comme les sinus des angles  $ALC$ ,  $ALH$  doubles de ceux de la position du mortier  $QAC$ ,  $QAH$  ; elles seront aussi entr'elles comme les doubles des mêmes lignes  $CD, HF$ , c'est-à-dire comme la corde du double de l'angle  $ALC$  est à la corde du double de l'angle  $ALH$

LIV. VII.  
CHAP.  
VI.

Pour  
les por-  
tées qui  
sont au  
niveau  
des bat-  
teries.

H, ou comme la corde du quadruple de l'angle  $QAC$ , à la corde du quadruple de l'angle  $QAH$ ; & partant si nous prenons la corde de 84 degrés, quadruple du premier angle donné de 21 degrés pour premier terme ; pour second la corde de 120 degrés, quadruple du second angle donné de 30 degrés ; & pour troisième les 400 toises de la portée donnée  $AQ$  : en cherchant sur le compas à ces trois quantitez une quatrième proportionnelle, nous trouverons 520 to. pour la portée  $AO$  que l'on demande.

Ainsi pour savoir à quel angle il faut élever le mortier pour le faire chasser à la longueur de 520 to., supposé qu'à 21 degrés de l'élévation il ait porté à 400 to.; je prens pour premier terme 400 to.; pour second 520 to.; pour troisième la corde de 84 degrés, quadruple de l'angle donné 21 degrés ; & il me vient pour quatrième la corde de l'angle de 120 degrés, dont le quart est l'angle  $QAH$  de 30 degrés, que je recherche.



Il est, comme je crois inutile de dire que lors-que les nombres des quantités proposées ou leurs étenduës, excèdent celui des parties égales marquées sur le compas: il faut en prendre telle partie que l'on veut pourvu qu'elle soit moindre que celles du compas, & s'en servir pour trouver vôtre quatrième proportionnelle, qui sera la même portion de celle que vous cherchez, que celle dont vous vous êtes servi, l'est du nombre donné. Ainsi parce que le nombre de 400 to. est plus grand que celui de 200 contenu dans les parties égales du compas, je me fers du quart qui est 100 pour premier terme & il me vient 130 au quatrième, dont le quadruple 520 est celui que je demande. Si le premier nombre étoit le tiers du donné, celui qui viendrait par la pratique seroit aussi le tiers de celui que l'on recherche, & ainsi du reste.

LIV. VII.  
CHAP.  
VI.

Pour les portées qui sont au niveau des batteries.

*Pour les portées qui ne sont pas au niveau  
des batteries.*

Pour  
les por-  
tées qui  
ne sont  
pas au  
niveau  
des bat-  
teries.

**M**Aintenant pour bien entendre l'usage du compas de proportion rapporté au second Chapitre & aux suivans du cinquième livre de la seconde partie, pour les portées sur les plans inclinez ; il faut reprendre la figure par laquelle j'ai expliqué la troisième pratique, où ED est à DV c'est-à-dire EI à IK comme la plus grande portée est à la distance horizontale ; & EI étant le sinus de l'angle EHI complement de l'angle du plan ; le double de EI sera la corde du double du même angle EHI ; & partant comme la plus grande portée est à la distance horizontale, ainsi cette corde sera au double de IK, à quoi ajoutant ou ôtant le double de HI, c'est-à-dire la corde du double de l'angle du plan HEI, nous aurons le double de la droite HK ou de son égale GQ, c'est-à-dire la corde du dou-



LIV. VII.  
CHAP.  
VII.

Pour  
les por-  
tées qui  
ne sont  
pas au  
niveau  
des bat-  
teries.

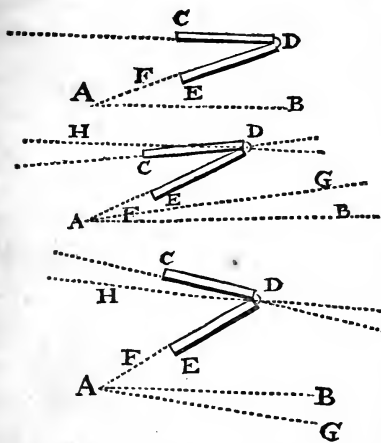
ble de ADG ou de son égal BAG que l'on demande.

Or l'on voit que pour trouver le double de IK nous avons cherché sur le compas la quatrième proportionnelle aux trois quantitez favoir la plus grande portée, la distance horizontale, & la corde du double de l'angle EHI qui est celui du complement de l'angle du plan HEI; puis ajoutant ou ôtant du double de IK la corde du double du même angle HEI c'est-à-dire le double du sinus HI, nous avons eu le double de HK ou de son égale GQ, c'est-à-dire la corde du double de l'angle GER; & par le moïen de cet angle nous avons trouvé le reste.

Il n'y a point de difficulté pour entendre la raison de l'application du compas de proportion pour la position du mortier; car si le compas CDE étant ouvert comme il doit être l'on élève le mortier AF en sorte que le bras ED étant parallele à l'axe de l'ame AE, l'autre bras CD soit aussi parallele à l'horizon AB; le mortier sera posé  
sui-

suivant l'angle BAE ainsi qu'il est demandé.

Si l'on veut découvrir l'objet incliné de l'angle BAG au-dessus ou



au-  
des-  
sous  
de  
l'ho-  
ri-  
zon au  
tra-  
vers  
des pi-  
nules  
posées  
sur le  
bras

LIV. VII.  
CHAP.  
VII.

Pour  
les por-  
tées qui  
ne sont  
pas au  
niveau  
des bat-  
teries.

CD; l'on voit que l'angle du com-  
pas, CDE est moindre (si l'inclina-  
tion est au-dessus) ou plus grand (si el-  
le est au-dessous,) que l'angle de l'élé-  
vation du mortier BAD, de la gran-  
deur de l'angle CDH égal à celui du  
plan BAG; & qu'ainsi il faut le di-  
minuer, comme nous avons dit, au  
premier cas & l'augmenter en l'autre.

Doctrine de Monsieur Cassini pour  
le jet des Bombes.

CHAPITRE PREMIER.

*Lignes d'égalité, d'impulsion & de chute  
respective.*

CHAP.

I.

Lignes  
d'égalité,  
d'impulsion  
& de chute  
respective.



Monsieur Cassini a donné la  
résolution de toute la doctrine de la projection d'un  
mobile par une seule proposition, faisant voir qu'en tous les  
cas, il y a trois lignes qui sont continuellement proportionelles, savoir  
celle qu'il appelle d'égalité, celle d'impulsion & celle de la chute respective.

Pour faire entendre ce raisonnement, il suppose, comme les autres, qu'un corps jetté est porté de deux impressions différentes dont l'une, qui lui vient de l'impulsion d'une cause externe, le détermine à une certaine direction ou perpendiculaire en haut ou

ou en bas, ou horizontale, ou inclinée, & le porte d'un mouvement uniforme & égal par des espaces égaux en tems égaux : l'autre, qui lui vient de la pésanteur, le détermine par une ligne perpendiculaire en bas vers le centre de la Terre & le porte d'un mouvement continuellement accéléré, de sorte que les espaces qu'il parcourt sont entr'eux en raison doublée des tems qu'il emploie à les parcourir.

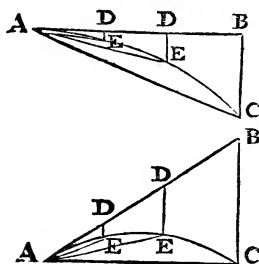
LIV. VIII  
CHAP.  
I.

Lignes  
d'égalité, d'impulsion  
& de chute  
respecti-  
ve.

Cette dernière impression ne change rien à la direction de la première, si elle est perpendiculaire en haut ou en bas : elle ne fait qu'acourcir le chemin que fait le mobile au premier cas & l'allonger en l'autre. Mais aux directions horizontales ou obliques, elle en change entièrement la droiture. Car si un mobile est, par exemple, porté d'une force externe suivant la direction de la ligne AB horizontale ou inclinée ; il est constant que si le mobile n'avoit point de poids ni d'empêchement de la résistance du

LIV. VIII  
CHAP.  
I.Lignes  
d'égalité,  
d'impul-  
sion  
& de  
chûte  
respecti-  
ve.

milieu, il seroit porté suivant la droite A B d'un mouvement égal qui lui seroit parcourir des espaces égaux en des tems égaux ; mais comme au moment du départ du point de repos A, l'impression de la pésanteur le tire en



bas par des lignes perpendiculaires D E, B C, elle le fait changer de route ; & au lieu de le porter par la droite

A B, elle le conduit au long de la courbe A E C. Où il faut remarquer que la ligne A D qui seroit celle que le mobile auroit parcouru d'un mouvement égal s'il n'avoit point eu de poids, au moment qu'il se trouve en E, est cette ligne que M<sup>r</sup> Cassini appelle *ligne d'impulsion* à l'égard du point E ; ainsi la ligne A B où le mobile sans poids se trouveroit lors-qu'il est tombé en C, est la ligne d'impulsion au respect du point C. Les lignes perpen-



pendiculaires DE, DE, sont celles qu'il appelle *lignes de chute respective*, c'est-à-dire à l'égard des points E, E & des lignes d'impulsion AD, AD : ainsi B C est ligne de chute respective à l'égard du point C & de la ligne d'impulsion AB, & les lignes AE, AC sont appelées *lignes de distance*, parce qu'elles mesurent de combien le mobile est éloigné du point de départ.

LIV. VIII  
CHAP. I.

Lignes d'égalité, d'impulsion, & de chute respective.

## CHAPITRE II.

### *De la ligne d'égalité.*

DAns les projections verticales, où nous avons dit que la pesanteur acourcit le chemin du mobile, il est aisé de comprendre que le mobile monte tant que le chemin qui se fait par l'impulsion du dehors, est plus grand que celui de la pesanteur ; qu'il ne monte ni ne descend au moment que ces deux impressions sont égales ; & qu'il descend aussi-tôt que celle de la pesanteur est plus grande que l'autre. Ainsi dans le jet vertical

CHAP. II.

De la ligne d'égalité.

LIV. VIII AB, si nous supposons que la force  
 CHAP. du dehors puisse porter le mobile par  
 II. l'espace AC, par exemple, de 6 me-  
 De la ligne d'égalité. sures dans un certain tems, pendant  
 lequel la pesanteur le puisse faire des-  
 cendre de l'espace CD 36  
 d'une de ces mesures; il  
 est constant que le mobi- 30  
 le au premier tems se  
 trouveroit en D; ainsi la 24  
 droite AC. 6., que le  
 mobile sans poids auroit 18  
 parcouru, est la *ligne d'im-*  
*pulsion* à l'égard du point 12  
 D; la ligne CD. 1., celle 9  
 de la *chûte* respective à l'égard 8  
 de la même AD; & la 6  
 ligne AD de 5 mesures 5  
 celle de la *distance*. Au second tems le  
 mobile sans poids seroit porté en E.  
 12., & seroit cependant tombé de la  
 longueur EF, 4.; & se trouvant en F, la  
 droite AE. 12. sera la *ligne d'impulsion*,  
 EF. 4. celle de la *chûte* respective, &  
 AF. 8 celle de la *distance*. Au troisiéme  
 tems la ligne d'impulsion sera AG.



18., celle de la chute  $GH$ . 9. & celle de la distance  $AH$ . 9. Au 4<sup>me</sup> tems la ligne d'impulsion est  $AI$ . 24., celle de la chute  $IK$ . 16., & celle de la distance  $AK$ . 8. Au cinquième tems celle d'impulsion est  $AL$ . 30., celle de la chute  $LM$ . 25. & celle de la distance  $AM$ . 5. Enfin au sixième tems la ligne d'impulsion seroit  $AB$  de 36 mesures ou sextuple de la première  $AC$ , & celle de la chute seroit aussi la même  $BA$  de 36 mesures.

Et comme la ligne  $AB$  est le chemin qu'auroit fait en montant le mobile sans poids d'un mouvement égal, pendant qu'avec le poids il est monté de  $A$  en  $H$  & descendu de  $H$  en  $A$ , & dans le tems que le même poids seroit descendu du point  $B$  en  $A$ . C'est pour cette raison que M<sup>r</sup> Cassini appelle cette droite  $AB$  *La ligne d'égalité*.

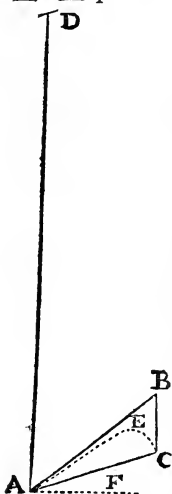
Il y auroit beaucoup de choses à considérer sur ce sujet, sur lequel je me contenterai de dire que cette ligne d'égalité  $AB$  est quadruple de la ligne du jet perpendiculaire  $AH$ , & partant double de la plus grande portée. CHA-

LIV. VIII  
CHAP.  
III.

*Lignes d'égalité, d'impulsion & de chute respectives sont trois proportionnelles.*

Lignes  
d'égalité,  
d'impulsion  
& de chute  
respectives  
sont trois  
proportionnelles.

**M**aintenant pour faire voir ce que nous avons dit, qu'en toute



projection la ligne d'égalité, celle de l'impulsion, & celle de la chute respective sont continuellement proportionnelles; supposons que dans le jet A E C fait suivant la direction A B, la droite A D soit la ligne d'égalité, A B celle de l'impulsion, B C celle de la chute respective & A C celle de la distance ; & disons que puis que la droite A D est le chemin que le mobile feroit en montant par la seule impression du dehors & en descendant dans le même tems par la seule impression de la pésanteur ; si nous la prenons pour la mesure du tems de l'un & de l'autre , il est constant

stant que la droite AB sera la mesure du tems que le même mobile emploieroit à passer la même AB, porté du seul effort de la même impression du dehors. Et comme dans le tems AB il est descendu par l'impression de son poids de la hauteur perpendiculaire BC; cette hauteur BC sera à la hauteur DA en raison doublée du tems de la chute BC, qui est mesuré par AB, au tems de la chute AD c'est-à-dire comme le quarré de la ligne AB est au quarré AD: & partant les trois lignes BC, AB, AD sont continuellement proportionnelles.

LIV. VIII  
CHAP.  
III.

Lignes  
d'égalité,  
d'impulsion,  
& de chute  
respectives  
sont trois  
proportionnelles.

#### CHAPITRE IV.

*Sur une direction & sur une distance donnée,  
Trouver la ligne d'égalité.*

**M**Aintenant pour savoir sur une direction & sur une distance donnée; quelle est la longueur de la ligne d'égalité, comme sur l'angle de la direction DAB & la ligne de la distance AC, c'est-à-dire sur l'étendue de la portée d'une pièce ou d'un mortier, pointé

CHAP.  
IV.

Sur une direction & sur une distance donnée, Trouver la ligne d'égalité.

P 5

suivant

LIV. VIII CHAP. IV. Sur une direction & une distance donnée, Trouver la ligne d'égalité.

l'angle  $FAB$  complément du donné  $DAB$ , sur le plan  $AC$  incliné de l'angle  $FAC$ . Il faut considérer que dans le triangle  $ABC$ , le côté  $AC$  & les deux angles  $ABC$  &  $BAC$ , sont donnés ; car  $ABC$  est égal à  $DAB$ , &  $BAC$  est la somme ou la différence des deux angles  $FAB$ ,  $FAC$  qui sont ceux de l'inclination de la pièce & du plan : & partant l'on peut connoître par les sinus les longueurs des lignes d'impulsion  $AB$  & de chute respective  $BC$  ; & par leur moïen trouver une troisième proportionnelle  $AD$  qui fera la ligne d'égalité que l'on recherche.

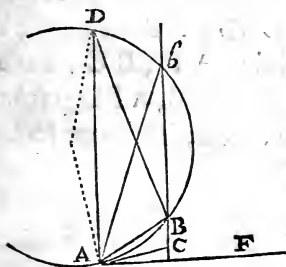
## CHAPITRE V.

*La ligne d'égalité & la distance étant données : trouver la direction.*

CHAP. V. Mais si connoissant la ligne d'égalité l'on veut savoir à quel angle il faut élever la direction de la pièce pour la faire chasser à une distance donnée sur quelque plan que ce soit, hori-

horizontal ou incliné ? Voici ce qu'il faut faire. Soit la ligne d'égalité A

LIV. VIII.  
CHAP. V.



D perpendiculaire à l'horizon, & la distance AC sur le plan AC, faisant avec la verticale AD quel-

La ligne d'égalité & la distance étant données Trouver la direction.

que angle que

ce soit DAC. Au point C soit élevée CB *b* parallèle à la verticale AD, & sur AD soit décrite la portion de cercle AB *b* D capable d'un angle égal à ACB, ( laquelle touchera la perpendiculaire CB en un point si le problème n'a qu'une solution, ou le coupera en deux points comme en B *b* s'il en a deux, ou ne le rencontrera point du tout s'il est impossible, ) & les lignes menées du point A à ceux de leur rencontre comme AB, A*b*, seront celles de la direction que l'on demande, enforte que FA, , étant horizontale, les angles FAB,

LIV. VIII F A *b* font ceux de la position du mortier pour le faire porter au point C.

CHAP. Car les deux triangles ABC, BAD ayant les angles DAB, ABC égaux, à cause des parallèles AD, BC; aussi bien que les angles ACB, ABD par la construction du cercle: ils seront semblables; & BC *ligne de la chute respective* sera à AB *ligne d'impulsion* comme AB est à AD *ligne d'égalité*. Nous pourrons faire voir par le même raisonnement que *b* C est à A *b* comme A *b* est à AD.

V. La ligne d'égalité & la distance étant données Trouver la direction.

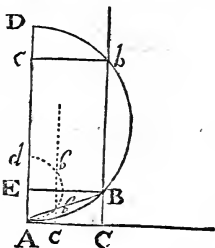
Si la ligne du plan AC est horizontale, la portion du cercle est un demi-cercle; si elle est élevée sur l'horizon, elle est moindre; & plus grande que le demi-cercle si l'inclination est au-dessous. Où il est à remarquer, au sujet des projections qui se font sur un plan horizontal, c'est-à-dire au niveau de la batterie, qu'ayant dit ci-devant que la ligne d'égalité est quadruple de celle du jet perpendiculaire laquelle détermine la force imprimée du mobile; si nous supposons, comme Galilée & Torricelli, que le

dia-



diametre  $A d$  du demi cercle  $A b d$ , soit LIV.VIII  
égal au quart de la ligne d'égalité, CHAP.  
c'est-à-dire du dia- V.

metre  $AD$  du demi-  
cercle  $ABD$ , & la li-  
gne  $A c$  égale au  
quart de la distance  
horizontale  $AC$ ; la  
droite  $cb$  parallele à  
 $CB$ , ou  $AD$ , cou-



La lig-  
ne d'é-  
galité &  
la distan-  
ce étant  
donnée,  
Trouver  
la dire-  
ction.

pera la circonférence  $A b d$  aux points  
recherchez,  $b, b$  semblables aux points  
 $B b$  de la circonférence  $A B D$ , & les  
droites  $A b B, A b b$  prolongées, seront  
les mêmes que les lignes de la dire-  
ction que l'on demande  $AB, A b$ . Ce  
qui fait conoître que la proposition de  
ces auteurs ne fait qu'un cas de celle  
de  $M^r$  Cassini. L'on voit de plus, ce  
que nous avons dit ci-devant, que la  
ligne d'égalité  $AD$  étant quadruple de  
 $A d$ , qui détermine la force imprimée  
du mobile & qui par conséquent est é-  
gale à la moitié de la plus grande por-  
tée de la bombe avec la même force,  
est aussi double de la même plus gran-  
de portée.

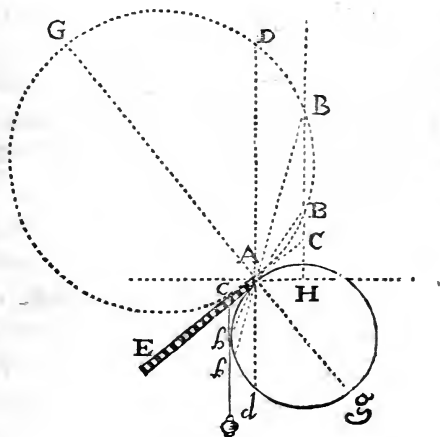
*Démonstration de la construction & de l'usage de l'instrument Universel pour le jet des Bombes.*

C'Est de cette doctrine que nous avons tiré la construction & l'usage de cet autre Instrument rapporté dans les deux premiers chapitres du sixième Livre de la seconde partie sous le nom d'Instrument Universel pour le jet des Bombes, & dont il faut ici parler plus au long & en donner la démonstration.

C'est un cercle  $A b g$  dont le diamètre est  $A g$ , au bout duquel en  $A$  est attachée à angles droits une règle immobile  $A E$  égale au même diamètre & divisée en un tres grand nombre de parties égales. Pour s'en servir il faut connoître la longueur de la ligne d'égalité & celle de la distance horizontale, & faire que comme cette ligne est à cette distance; ainsi le nombre des parties contenues dans la règle  $A E$  soit à un autre, qui soit, par exemple, ce-

celui des parties comprises entre A & c. Puis dressant la règle AE vers le but il faut laisser pendre un plomb du point c (dont le fil touchera la circonférence du cercle, si le problème n'a qu'une solution, ou le coupera en deux

Démonstration de la construction & de l'usage de l'instrument Universel pour le jet des Bombes.



points comme *b, b*, s'il en a deux, ou ne le rencontrera point s'il est impossible;) les droites tirées du point A aux points de rencontre *b, b*, sont celles de la direction de la pièce ou du mortier que l'on demande.

La

LIV. VIII  
CHAP. VI.

Démonstration de la construction & de l'usage de l'instrument Universel pour le jet des Bombes.

La démonstration en est aisée ; soit dans la figure expliquée ci-devant , la ligne d'égalité connue  $AD$  perpendiculaire à l'horizon , la ligne de distance horizontale  $AH$  & le but  $C$  sur le plan incliné  $AC$  où l'on veut que le coup frappe ; la droite  $HC$  étant menée parallèle à  $AD$ , si l'on décrit sur la verticale  $AD$  la portion de cercle  $ABD$  capable d'un angle égal à  $ACB$  dont le diametre soit  $AG$  perpendiculaire à  $AC$  , la circonférence sera rencontrée par la droite  $HC$  aux points  $B, B$ , & les lignes  $AB, AB$  seront celles de la direction que l'on demande. Et comme les deux angles  $GAC, DAH$  sont droits, ôtant l'angle commun  $DAC$ , les deux  $GAD, HAC$  sont égaux , & les deux triangles rectangles  $ADG, HAC$  semblables & partant comme  $DA$  est à  $AH$ , ainsi  $AG$  est à  $AC$ .

Maintenant si l'on applique l'instrument de telle sorte que le bout  $A$  du diametreg  $A$  tombant sur le point A, la règle EA soit tournée vers le but C, c'est.

C, c'est-à-dire qu'elle convienne avec la ligne du plan incliné AC, le diamètre A continué tombera sur le diamètre GA; & comme on a fait que EA soit A c comme DA est à AH; il s'en suit que EA ou son égale g A, est à A c comme A G est à A C, & le plomb c b b étant parallèle à A D ou CBB, le cercle A b g sera divisé aux points, b b; comme le cercle A B G l'est aux points BB; & les droites b A, b A: continuées tomberont sur les droites AB, A B; c'est-à-dire qu'elles feront celles des directions que l'on demande.

LIV. VIII  
CHAP.  
VI.  
Démonstration de la construction & de l'usage de l'instrument Universel pour le jet des Bombes.

## CHAPITRE VII.

*Démonstration de ce qui s'est ajouté à l'instrument Universel pour en rendre l'usage plus facile.*

SI l'on vouloit se servir de cet instrument sans être obligé de faire de règle de Trois pour trouver le point c, il faudroit ajouter en A, comme nous avons fait au troisième Chapitre du sixième Livre de la seconde par-

LIV. VIII  
CHAP.  
VII.

LIV. VII.  
CHAP.  
VII.

Démonstration de ce qui s'est ajouté à l'instrument Universel pour en rendre l'usage plus facile.

partie, une autre règle mobile A F égale à A E ; & pour plus grande commodité, il seroit bon que l'une & l'autre fut divisée en autant ou plus de parties qu'il a de toises, ou de piés, ou d'autres mesures, dans la plus grande ligne d'égalité dont on peut ordinairement se servir, c'est-à-dire dans le double de la plus grande portée d'une pièce de Canon ou d'un mortier. Car si la ligne d'égalité proposée A D a autant de toises ou d'autres mesures qu'il y a de parties dans la règle A F, il ne faut que prendre autant de parties sur la règle A E qu'il y a de toises dans la distance horizontale A H comme de A en c, & l'instrument étant posé, en sorte que la règle E A regarde le but C, il faut tourner la règle A F de manière que le plomb tombant de l'extrémité F passe par le point c & coupe le cercle en b. Mais si la ligne d'égalité proposée A D est moindre, il faut prendre sur la règle mobile un nombre de parties égal à celui des toises qu'elle contient comme de A en K, & sur

sur la règle immobile A E autant de parties qu'il y a de toises dans la ligne de distance horizontale A H comme de A en i, & tourner la règle A F en sorte que le plomb tombant du point K passe par i : car laissant le tout en

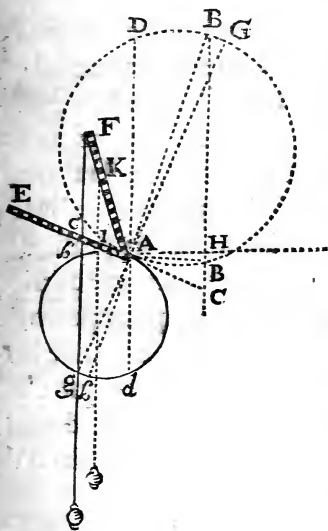
cette situation, le plomb tombant du point F passera par *c* & coupera le cercle en *b*: *b*: comme on le demande.

La démonstration est facile à com-

Prendre ; car A K ayant autant de parties que la ligne d'égalité proposée AD a de toises, & A i autant de parties qu'il y a de toises dans la ligne de distance hori-

LIV.VIII  
CHAP.  
VII.

Démonstration de ce qui s'est ajouté à l'instrument Universel pour en rendre l'usage plus facile.



LIV. VIII  
CHAP.  
VII.

Dé-  
mon-  
stration  
de ce qui  
s'est a-  
jouté à  
l'instru-  
ment U-  
niversel  
pour en  
rendre  
l'usage  
plus fa-  
cile.

horizonale A H, il paroît que AK est à A i c'est-à-dire A F ou A E à A C comme A D est à A H; & l'on a par ce moïen sans règle de Trois le point par lequel le plomb doit passer pour couper le cercle au point que l'on recherche.

Il faut ici remarquer qu'au lieu de prendre pour premier terme de nôtre règle de Trois la ligne de la plus grande égalité, & la distance horizontale pour second terme comme il est marqué dans les Chapitres de ce livre; nous avons pris, dans les pratiques du sixième livre de la seconde partie, la plus grande portée pour premier terme, & la moitié de la distance horizontale pour second: parce que c'est toujours la même chose, & dont il n'est pas besoin de donner plus d'éclaircissement.



## L'ART DE JETTER

LES

## B O M B E S,

Et de connoître l'étendue des coups  
de volée d'un Canon en toutes  
fortes d'élévations.

*QUATRIEME PARTIE.*

Résolution des difficultez qui se trouvent  
dans la doctrine du jet des Bombes.



**L** faut maintenant parler des difficultez que l'on trouve dans la doctrine que nous avons expliquée en ces deux dernières parties : afin qu'étant une fois bien entendues, l'on puisse plus aisément faire connoître que les changemens qu'elles apportent dans les effets sont de si petite considération, qu'il n'y a point de lieu de s'y arrêter ni d'empêcher l'usage de mes pratiques.

Réso-  
lution  
des diffi-  
cultez  
qui se  
trouvent  
dans la  
doctrine  
du jet des  
Bombes.

Tous les raisonnemens dont on  
se

Réso-  
lution  
des diffi-  
cultez  
qui se  
trouvent  
dans la  
doctrine  
du jet des  
Bombes.

se sert font de deux sortes; les uns semblent détruire les suppositions que nous avons faites pour démontrer que la nature de la ligne courbe décrite par le passage d'un mobile jeté, étoit telle que nous l'avons expliquée dans la troisiéme partie; & les autres trouvent tant de difficultez dans l'exécution, qu'ils font douter que l'on puisse attendre aucun effet assuré des règles que nous avons enseignées dans la seconde partie pour la pratique.

Pour répondre avec ordre aux uns & aux autres, nous traiterons premièrement de ceux qui combattent la Théorie, remettant à examiner ceux qui sont contre la Pratique, après que les premiers auront été résolus.

## LIVRE PREMIER.

Solution des Objections faites contre la Théorie.

## CHAPITRE PREMIER.

*Explication de ce qui a été supposé dans la Théorie.*

LIV. I.  
CHAP.  
I.

Explication de ce qui a été supposé dans la Théorie.



Ors-que dans la troisième partie nous avons voulu faire voir que la ligne que le mobile poussé horizontalement, décrit par son passage est parabolique, à cause qu'il est porté de deux mouvemens qui le déterminent en différentes parts : nous avons supposé que le premier qui lui est imprimé par la force extérieure & qui se fait suivant la direction de la ligne droite horizontale, étoit égal & uniforme parcourant sur cette droite des espaces égaux en tems égaux ; & que l'autre qui lui vient de sa gravité naturelle, se faisant par des droites perpendiculaires & paralleles, étoit inégal,

LIV. I.  
CHAP.  
I.

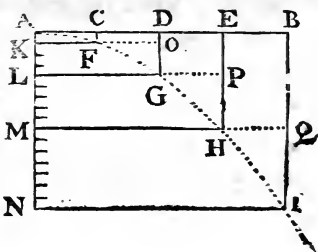
Explication de ce qui a été supposé dans la Théorie.

gal, mais uniformement accéléré, parcourant des espaces au long de ces parallèles qui sont entr'eux en raison sous doublée des tems qu'il employe à les parcourir.

Comme dans cette figure, qui est celle dont nous dans sommes servis dans la troisième partie : pour faire voir que le mobile poussé du point A suivant la direction horizontale AB, décrivait dans sa projection la ligne parabolique AFGHI, nous avons premièrement supposé que la ligne AB étoit droite, & que le mouvement imprimé par la force externe au mobile, le déterminoit de telle sorte au long de la droite AB, que dans tout le tems de son mouvement il parcourroit les espaces égaux comme AC, CD, DE &c. en tems égaux, pendant lesquels le même mobile porté par sa pesanteur parcourroit au long des droites perpendiculaires & parallèles comme CF, DG, les espaces CF, DG, de telle sorte que l'espace DG fait à CF, comme le carré du tems AD est au carré

quarré du tems A D ; & que de la compo-  
 sition de ces  
 deux mou-  
 vemens  
 qui , chan-  
 geant seu-  
 lement la  
 direction

du mobile , ne s'aportent au reste au-  
 cun empêchement l'un à l'autre , ré-  
 sultoit la ligne de projection parabo-  
 lique AFGHI.



LIV. I.  
 CHAP.  
 I.  
 Explication de  
 ce qui a  
 été sup-  
 posé  
 dans la  
 Théorie.

## CHAPITRE II.

### PREMIERE OBJECTION.

*La ligne horizontale n'est point droite, & les  
 perpendiculaires ne sont point paralleles.*

**O**R comme il est faux de dire que  
 l'horizontale AB soit ligne  
 droite & que les perpendiculaires C  
 F, DG soient paralleles ; car AB , é-  
 tant supposée également distante  
 du centre de la Terre , fait un arc

Q

de

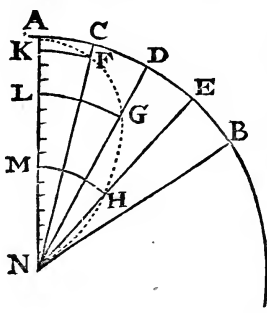
CHAP.  
 II.  
 I. O B-  
 JECT.  
 La lig-  
 ne hori-  
 zontale  
 n'est  
 point  
 droite &  
 les per-  
 pendicu-  
 laires ne  
 sont  
 point pa-  
 ralleles.

LIV. I.  
CHAP.  
II.

I. O B-  
JECT.

La ligne horizontale n'est point droite & les perpendiculaires ne sont point parallèles.

de cercle ; & C F, D G étant perpendiculaires , concourent nécessairement au centre ; ) il paroît de la fausseté de ces suppositions : & l'on peut voir que quand même il seroit véritable que le mouvement du dehors imprimé suivant la direction horizontale fut égal & uniforme, & que celui



de la pesanteur suivant la direction perpendiculaire, suit précisément les loix du mouvement uniformément accéléré, la ligne de pro-

jection ne peut jamais être parabolique. Car supposant le centre de la terre au point N où concourent les perpendiculaires A N, C N, D N ; si nous concevons que le mobile partant du point A , soit porté par l'impression extérieure d'un mouvement égal au long des arcs égaux A C, C D, D E, & par celle de la pesanteur d'un mouvement

vement uniformément accéléré au long des perpendiculaires  $AN$ ,  $CN$ ,  $DN$ : il est constant que si dans le tems qu'il arriveroit en  $C$  par le mouvement égal, il se trouvoit en  $F$  par l'accéléré: il se trouveroit en  $G$  par le même accéléré, lors-que par l'égal il devroit être en  $D$ , parce que l'espace  $DG$  ou  $AL$  est quadruple de  $CF$  ou  $AK$ , comme l'arc  $AD$  est double de  $AC$ : ainsi il seroit en  $H$  au troisiéme tems  $AE$ , parce que  $EH$  ou  $AM$  contient neuf fois l'espace  $AK$  ou  $CF$ , comme l'arc  $AE$  contient trois fois l'arc  $AC$ . Maintenant, ayant pris une ligne comme  $AL$  moienne Géométrique entre  $AN$  &  $AK$ , si nous faisons que comme  $AK$  est à  $AL$ , ainsi l'arc  $AC$  soit à un autre  $AB$ ; il est constant que le mobile se trouveroit au centre de la terre  $N$ , lors-que par le mouvement égal il auroit dû parcourir l'arc  $AB$ . Où il paroît que la courbe de la projection  $AFGHN$  est une espèce de Spirale fort éloignée de la parabolique, qui de soi ne porteroit

LIV. I.  
CHAP.  
II.

I. O B-  
IECT. I

La ligne horizontale n'est point droite & les perpendiculaires ne sont point parallèles.

LIV. I.  
CHAP.  
II.  
I. O B-  
JECT.

La lig-  
ne hori-  
zontale  
n'est  
point  
droite &  
les per-  
pendicu-  
laires ne  
font  
point pa-  
rallèles.

jamais le mobile au centre. Car repre-  
nant la figure de l'hypothèse, si l'on  
prend le point N, pour le centre de la  
terre, il paroît que par la nature de la  
ligne parabolique, le mobile n'y arri-  
veroit jamais, & qu'au contraire il en  
seroit éloigné de toute la longueur de  
l'ordonnée NI, lors-qu'il seroit tom-  
bé par son propre poids de la lon-  
gueur du demi-diametre AN ou BI;  
d'où en-suite il s'en éloigneroit davan-  
tage à l'infini. Ce qui est absurde.

### CHAPITRE III.

#### II. Ô B J E C T I O N.

*La force imprimée au mobile n'est point per-  
petuelle, égale & uniforme.*

CHAP.  
III.

La  
force  
impri-  
mée au  
mobile  
n'est  
point  
perpe-  
tuelle,  
égale &  
unifor-  
me.

**I**L n'est pas moins faux de dire que  
la force imprimée par la cause ex-  
terne au mobile, soit perpetuelle éga-  
le & uniforme, enforte que dans tout  
le tems de son mouvement elle lui  
fasse parcourir des espaces égaux en  
tems égaux : car bien que cela pût-ê-  
tre en quelque façon véritable au cas  
que le mobile fut porté dans un mi-  
lieu



lieu qui n'eût point de résistance; celle de l'air, dans lequel nos boulets & nos bombes sont portés par la violence que le feu du mortier ou du Canon leur imprime, ne peut aucunement souffrir cette uniformité de mouvement.

De plus si nous nous imaginons qu'un mobile ne peut point se mouvoir dans l'air, qu'il ne s'y fasse faire place, en chassant à droite & à gauche les parties de l'air qu'il rencontre dans son passage : & que ces parties ayant de la pesanteur ne changent point de situation sans être poussées par quelque force externe; nous n'aurons point de peine à comprendre que cette force ne leur peut être imprimée que par la violence du mouvement du mobile qui les rencontre. Et comme un corps qui se meut perd autant de sa propre vitesse qu'il en communique à un autre qu'il fait mouvoir ; il paroît que le mobile porté dans l'air ne sauroit en détourner les parties pour se faire un passage ; sans leur communiquer quel-

LIV. I.  
CHAP.  
III.

II. O B-  
JECT.

La force imprimée au mobile n'est point perpétuelle, égale & uniforme.

LIV. I.  
CHAP.  
III.

II. O B-  
JECT.

La for-  
ce impri-  
mée au  
mobile  
n'est

point  
perpetu-  
elle, éga-  
le & uni-  
forme.

que chose de la vîteſſe de ſon mouve-  
ment, laquelle par ce moïen dimi-  
nuë à meſure qu'il ſe meut, c'eſt-à-  
dire à meſure qu'il rencontre plus de  
parties de l'air qui ſ'oppoſent à ſon  
paſſage.

C'eſt ce qui fait cette ſi grande iné-  
galité de vîteſſe & de durée du mou-  
vement des mobiles, ſuivant la diver-  
ſité des milieux dans leſquels ils ſont  
portés, & celle de leur matière, de  
leur péſanteur, de leur figure & de  
l'impreſſion qu'ils ont reçûë. Entre  
ceux la même qui ſe meuvent dans un  
même milieu comme dans l'air, &  
qui ſont de même matière & de mê-  
me figure, les plus petits perdent bien  
plûtôt la force de leur mouvement  
que les plus grans, parce qu'ayant plus  
de ſurface à proportion de leur gran-  
deur, ils rencontrent plus de parties de  
l'air qui leur réſiſtent.

Pour ne point ſortir de nôtre ſujet,  
l'on peut dire qu'un même mobile  
pouſſé avec plus de violence les par-  
ties de l'air qu'il rencontre lors-qu'il a  
plus

plus de vîteſſe que lors-qu'il en a moins ; & vrai-ſemblablement cette impulſion a quelque choſe de proportionné à la vélocité de ſon mouvement : car le mobile ne ſe reſſent de la réſiſtance des parties du milieu qu'à proportion de la force qu'il employe à les pouſſer ; d'où il arrive que le déchet qu'il ſouffre dans la vîteſſe ſuit auſſi la meſure de la même vîteſſe, c'eſt-à-dire que plus elle eſt grande & plus elle ſouffre de diminution par la réſiſtance de l'air.

Comme ſi nous entendons qu'un mobile porté ſuivant la direction horizontale *AB*, doive parcourir dans un milieu ſans réſiſtance par le mouvement imprimé du dehors les eſpaces égaux, *AC*, *CD*, *DE*, *EB* en tems égaux ; pendant leſquels il doive deſcendre par le mouvement accéléré de ſa péſanteur au long des perpendiculaires *CF*, *DG*, *EH*, *BI*, pour décrire par ſa projection la ligne parabolique *AFGH I* : il eſt conſtant que dans un milieu réſiſtant comme dans

LIV. I.  
CHAP.  
III.

II. O B-  
JECT.

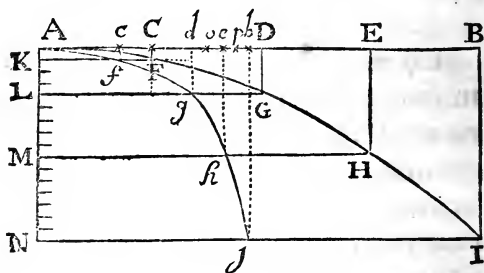
La force imprimée au mobile n'eſt point perpetuelle, égale & uniforme.

LIV. I.  
CHAP.  
III.

II. O B-  
JECT.

La  
force  
imprimée au  
mobile  
n'est pas  
perpetuelle  
égale & uni-  
forme.

l'air, le mouvement imprimé suivant la direction de la ligne AB ne lui fera point passer des espaces égaux en tems égaux ; mais qu'au contraire ces espaces diminueront d'autant plus qu'il sera porté avec plus de vitesse. De manière que si la résistance de l'air est capable de diminuer le chemin AC de la longueur par exemple Cc, en sorte que le mobile au premier tems mesuré par AC, au lieu de se trouver en



C sur l'horizontale, n'arrive qu'à la distance A c ; sa vitesse au point c en sera d'autant diminuée, & elle sera d'autant moindre que celle qu'il avoit en A que la ligne A c est moindre que AC ; d'où il arrive que s'il se mouvoit  
du

du point  $c$  sans trouver de résistance, il parcourroit dans le second tems, mesuré par  $CD$ , l'espace  $co$  égal à  $Ac$ . Mais à cause de l'opposition des parties de l'air, il n'arrive qu'à celui de  $cd$ ; si le premier déchet  $cC$  est au deuxième  $do$ , comme la première vitesse en  $A$  est à la seconde en  $c$ , ou comme  $AC$  est à  $Ac$ . Ainsi prenant  $dp$  égale à  $cd$ , le mobile au troisième tems  $DE$  arriveroit sans résistance en  $p$ ; mais dans l'air il ne vient qu'en  $e$ , enforte que le déchet  $ep$  soit au déchet  $do$  comme la vitesse en  $d$  est à la vitesse en  $c$ , ou comme  $de$  est à  $cd$ . Enfin si l'on fait  $eq$  égale à  $de$ , l'on peut voir que le mobile avec sa vitesse en  $e$  parviendroit au quatrième tems  $EB$  en  $q$  sans résistance, & que dans l'air il ne vient qu'au point  $b$ , laissant l'espace du déchet  $bq$  qui a même proportion au déchet  $ep$ , que la vitesse en  $e$  est à la vitesse en  $d$ , ou comme  $be$  est à  $de$ .

De sorte que si nous supposons que dans le premier tems  $AC$  le mobile soit arrivé par le mouvement de l'impul-

LIV. I.  
CHAP.  
III.

IL. O B-  
LECT.

La  
force  
imprimée au  
mobile  
n'est pas  
perpetuelle égale & uniforme.

sion externe suivant la ligne horizontale  $AB$  au point  $c$ , & par celui de sa pésanteur à la longueur  $AK$  ou  $cf$  sur la perpendiculaire ; qu'en deux tems  $AD$ , il soit en  $d$  sur l'horizontale, & en  $L$  ou  $g$  sur la perpendiculaire ; qu'en trois tems  $AE$ , il soit parvenu horizontalement en  $e$ , & en  $M$  ou  $b$  sur la perpendiculaire ; & qu'enfin en quatre tems  $AB$  il soit arrivé en  $b$  sur l'horizontale par le mouvement imprimé, & en  $N$  ou  $i$  par l'accélééré de sa pésanteur : l'on peut voir que par la composition de ces deux mouvemens, il aura décrit par sa projection la ligne courbe  $Afgbi$ , qui est fort éloignée de la parabolique de l'hypothèse  $AFGHI$ .

## CHAPITRE IV.

## III. O B J E C T I O N.

*La résistance de l'air altère les proportions du mouvement causé par la pesanteur.*

**L'**On peut raisonnablement conjecturer que la même résistance des parties de l'air, n'apporte pas moins de changement au mouvement de la pesanteur qui se fait sur les perpendiculaires, dont il altère considérablement les proportions. Il seroit autrement mal-aisé d'expliquer plusieurs expériences que l'on a faites : comme de dire pour quelle raison une flèche tirée perpendiculairement met moins de tems à monter qu'à descendre, & fait en tombant sur une matière molasse moins d'impression à sa chute de quelque hauteur que ce puisse être, que lors-qu'elle est tirée de près sur la même matière ? D'où vient qu'une balle de pistolet tirée sur le pavé de haut en bas à plomb de la hauteur de plus de trente toises, se trouve moins écachée & moins frois-

LIV. R.  
CHAP.  
IV.

III. O B-  
JECT.

La ré-  
sistance  
de l'air  
altère les  
propor-  
tion du  
mouve-  
ment  
causé  
par la  
pesan-  
teur.

LIV. I.  
CHAP.  
IV.  
III. OB-  
JECT.

La ré-  
sistance  
de l'air  
altère les  
propor-  
tions du  
mouve-  
ment  
causé  
par la  
pésan-  
teur.

lée, que lors-qu'elle est tirée sur le même pavé de la hauteur seulement de huit ou dix piés; & diverses autres de cette nature, dont on donne des raisons assez probables par la résistance de l'air.

\* Car si nous entendons que la flèche portée dans un milieu sans résistance avec la force qui lui a été imprimée par le décochement de l'arc, monte à une hauteur déterminée; nous pourrions dire que tombant en-suite dans le même milieu, elle acquerra par le mouvement accéléré de sa pesanteur une force pareille à celle qui lui avoit été premièrement imprimée, c'est-à-dire capable de la faire remonter à la même hauteur; que les espaces qu'elle parcourra en montant seront réciproquement les mêmes que ceux qu'elle passera en tems égaux en descendant; & que le tems qu'elle mettra à descendre sera précisément égal à celui qu'elle a employé à monter.

Mais si la flèche portée dans l'air perd autant de sa force imprimée qu'il faut



faut qu'elle en communique aux parties de l'air qu'elle doit détourner pour passer , il est constant qu'en montant elle n'arrivera qu'à une hauteur qui sera moindre que la première ; & que descendant en-suite de cette hauteur , le mouvement de sa pesanteur ne pourra par conséquent lui faire acquérir qu'une force qui sera moindre que celle de l'arc , quand même elle descendroit dans un milieu sans résistance. D'où vient que celle qu'il acquiert dans l'air à la fin de sa chute doit être notablement plus petite & faire beaucoup moins d'impression sur une matière molasse , que lors-qu'elle est tirée de près avec la même impression de l'arc.

Maintenant les forces & les vitesses étant proportionnelles , si la flèche dans l'air a moins de force en descendant qu'elle n'en avoit par l'impression de l'arc en montant ; il paroît qu'elle descend avec moins de vitesse : & comme elle passe des espaces égaux en l'un & en l'autre , elle doit néces-

LIV. I.  
CHAP.  
IV.

III. OB-  
JECT.

La résistance de l'air altère les proportions du mouvement causé par la pesanteur.

LIV. I.  
CHAP.  
IV.

III. O B-  
JECT.

La ré-  
sistance  
de l'air  
altère les  
propor-  
tions du  
mouve-  
ment  
causé  
par la  
pésan-  
teur.

fairement emploier plus de tems à parcourir celui de la descente qu'elle n'en aura mis à passer celui de la montée qu'elle aura parcouru avec plus de vitesse.

C'est aussi de cette manière que l'on peut expliquer la différence qui se trouve entre deux coups de pistolet, dont l'un est tiré en bas à plomb d'une grande hauteur comme de trente toises, & l'autre à la distance seulement de huit ou dix piés. Car s'ils passeroient tous deux dans un milieu sans résistance, il y a apparence que la force qui a été également imprimée par le feu à l'un & à l'autre, dureroit toujours sans altération & passeroit des espaces égaux dans des tems égaux, & que de plus arrivant à cette force externe un nouvel accroissement de vitesse imprimée par la pesanteur à chaque moment de la chute ; il est constant que la force & la vitesse d'une balle de pistolet tirée d'une grande hauteur seroit beaucoup plus grande que celle de la balle tirée de près : car  
l'une

l'une & l'autre ayant toujours la même impression du feu, la première auroit encore au par dessus de la seconde, la force & la vitesse qu'elle auroit acquise dans tout le tems qu'elle auroit mis à passer un plus grand espace en tombant.

Ce qui n'arrive pas dans l'air dont les parties, devant être chassées pour donner passage à la balle, dérobent à chaque moment une portion si considérable de sa vitesse, tant de celle qui lui est imprimée par le feu que de celle qui lui vient de sa pesanteur, que le composé de l'une & de l'autre se trouve à la fin moindre que celle qu'il avoit reçu du feu dans le commencement de sa chute, c'est-à-dire que celle de la balle tirée d'une petite distance.

C'est ce qui fait présumer que cette balle de pistolet tombant dans l'air de quelque hauteur que ce puisse être, ne pourroit jamais parvenir, par la seule impression de sa pesanteur, à un degré de vitesse & de force pareil à celui

L IV. I.  
CHAP.  
IV.

III. O B-  
JECT.

La résistance  
de l'air  
altère les  
proportions du  
mouvement  
causé par  
la pesanteur.

LIV. I.  
CHAP.  
IV.

III. O B-  
IECT.

La ré-  
sistance  
de l'air  
altère les  
propor-  
tions du  
mouve-  
ment  
causé  
par la  
pélan-  
teur.

lui que le feu du pistolet lui imprime; y ayant peu d'apparence que la résistance de l'air lui permette jamais d'acquiescer d'elle-même une force, qui lui étant une fois imprimée d'ailleurs, lui est si facilement & en si peu de tems ôtée par la même résistance.

Au contraire on peut dire vrai-semblablement que chaque corps selon son poids, sa matière, & sa figure, a dans chaque milieu un certain degré de vitesse déterminé à laquelle il peut arriver en tombant; après quoi se trouvant pour ainsi dire, en équilibre avec la résistance du milieu, il cesse de recevoir accroissement de vitesse, & son mouvement devient peut-être alors égal & uniforme; au moins tant qu'il trouve de l'uniformité dans les parties du milieu: qui par leur constipation peuvent à la fin devenir assez fortes pour, non seulement diminuer, mais même pour faire entièrement cesser le mouvement du corps tombant.

Et c'est en ce sens que l'on peut en quelque manière appeler surnaturelle, la vitesse qu'une force externe im-

prime au corps, lors-qu'elle est plus grande que celle qu'il peut naturellement acquérir en tombant; c'est-à-dire lors-qu'elle surpasse ce dég.déterminé, au delà duquell'action de sa pesanteur ne lui donne plus d'acroissement de vitesse. Ainsi cette force & cette vélocité que le feu du pistolet confere à la balle, lui est en quelque façon surnaturelle, puis-qu'elle est plus grande que celle que la résistance de l'air lui peut permettre d'acquérir dans sa chute à quelque hauteur que ce soit.

LIV. I,  
CHAP.  
IV.

III. OB-  
JECT.

La ré-  
sistance  
de l'air  
altère les  
propor-  
tions du  
mouve-  
ment  
causé par  
la pesan-  
teur.

## CHAPITRE V.

### IV. OBJECTION.

*Deux mouvemens différens n'entrent point en composition l'un avec l'autre sans alteration.*

CHAP.  
V.

Oltre ces difficultez qui détrui-  
sent les hypothèses sur lesquel-  
les la doctrine de la projection est fon-  
dée, l'on peut encore ajouter qu'il est  
mal-aisé de comprendre que deux  
mouvemens si différens comme sont  
l'égal & uniforme, & celui qui est  
uniformement accéléré, puissent  
en-

Deux  
mouve-  
mens  
différens  
n'entrent  
point en  
compo-  
sition  
l'un avec  
l'autre  
sans al-  
tération.

LIV. I.  
CHAP.  
V.  
IV. O B-  
JECT.

Deux  
mouve-  
mens  
différens  
n'en-  
trent  
point  
en com-  
position  
l'un avec  
l'autre  
sans al-  
tération.

entrer en composition l'un avec l'autre sans donner ni recevoir aucune altération ; c'est-à-dire que chacun d'eux agisse, dans la composition, en la même manière qu'ils agiroient s'ils étoient séparés, & que l'égal conserve son égalité dans sa direction & l'accélére ses degrés d'accélération proportionée selon la ligne perpendiculaire.

Ce qui est même assez contraire à l'expérience : car dans cette hypothèse un corps pesant feroit toujours autant de chemin en tombant par le mouvement accéléré sur les perpendiculaires, soit qu'il fut emporté d'un mouvement imprimé du dehors avec quelque degré de vitesse que ce puisse être, soit qu'il ne se ressentit d'aucune autre impression que de celle de sa pesanteur ; & partant un mobile mettroit justement à arriver à terre d'une certaine hauteur en tombant seulement de son propre poids, qu'il en mettroit étant emporté d'une impression horizontale par laquelle il pût

pût faire un tres grand chemin. C'est-à-dire que comme un boulet de Canon ne met, par exemple, que la moitié d'une seconde de tems à tomber de son propre poids de la hauteur de trois piés; il devroit arriver à terre dans le même tems partant d'une pièce élevée de trois piés & pointée horizontalement, qui seroit capable de le chasser à longueur de huit cens toises: ce qui est absurde. Car toutes les expériences font connoître que ces portées horizontales tirées d'une certaine hauteur, emploient toujours plus de tems avant que d'arriver à terre, qu'il n'en faudroit au boulet pour tomber cependant d'une hauteur quatre fois, & même en certain cas dix fois plus grande.

Ceci se reconnoit encore dans les jets d'eau, & le Pere Mersene dit à ce sujet dans sés hydrauliques, que le Dragon de Ruel, (qui est un jet qui se tourne de toutes parts,) élevé de quatre piés sur l'horizon, jettoit l'eau suivant la direction horizontale

à

LIV. I.  
CHAP.  
V.  
IV. O B-  
JECT.

Deux  
mouve-  
mens  
différens  
n'en-  
trent  
point en  
compo-  
sition  
l'un a-  
vec l'au-  
tre sans  
altéra-  
tion.

LIV. I.  
CHAP.  
V.

IV. O B-  
JECT.

Deux  
mouve-  
mens  
différens  
n'en-  
trent  
point  
en com-  
position  
l'un avec  
l'autre  
sans al-  
tération.

à trente piés de distance en deux se-  
condes de tems ; pendant lequel l'eau  
seroit descenduë par le seul mouve-  
ment de sa pésanteur , de la hauteur  
perpendiculaire de plus de quarante  
huit piés. Car comme les espaces par-  
cours du mouvement accéléré sont  
entr'eux comme les quarez des tems,  
s'il est vrai, comme on le voit par l'ex-  
périence , qu'un mobile tombe de la  
hauteur de trois piés perpendiculaires  
en une demi seconde de tems : en deux  
secondes c'est-à-dire en un tems qua-  
druple du premier, il doit tomber d'u-  
ne hauteur seize fois plus grande c'est-  
à-dire de celle de quarante huit piés.

Les arquebuses rayées tirées de but  
en blanc portent juste à la longueur  
de cent toises dans le tems d'une secon-  
de ; dont la balle devroit néanmoins  
tomber à terre à la moitié du chemin,  
si l'effet de sa pésanteur n'étoit pas  
suspendu par la force de l'impulsion  
de la poudre.



## CHAPITRE VI.

## V. O B I E C T I O N.

*Les espaces parcourus par le mobile tombant ne sont peut-être pas dans la proportion des quar-  
rés des tems de la chute.*

LIV. I.  
CHAP.  
VI.  
V. OB-  
JECT.

Les ef-  
paces  
parcou-  
rus par  
le mo-  
bile tom-  
bant ne  
sont  
peut-être  
pas dans  
la pro-  
portion  
des quar-  
rés des  
tems de  
la chute.

**L**A figure parabolique que l'on donne à la ligne de la projection se trouveroit fort altérée, & toutes les conséquences que l'on en tire; si les espaces qu'un mobile parcourt par le mouvement accéléré de sa pesanteur, étoient entr'eux comme les sinus ver- ses, ou s'ils suivoient quelque autre proportion différente de celle des quarrés de tems, comme il est supposé pour produire la ligne parabolique. Et comme il n'a pas jusqu'ici paru de démonstration de cette hypothèse, il y a lieu d'en douter; d'autant plus que ces différentes opinions ont été avan- cées & sont encore soutenues par des hommes de grande réputation.

CHA-

*Cette Théorie est souvent contraire à l'expérience.*

Cette  
Théorie  
est sou-  
vent  
contra-  
re à l'ex-  
périence.

**E**Nfin ce qui peut le plus embaras-  
ser dans ce système, c'est qu'en  
plusieurs cas il est fort contraire à l'ex-  
périence. Car sans s'arrêter à celles  
qui peuvent avoir donné lieu aux ré-  
gles d'Ufano, de Galée, & des autres  
dont il a été parlé dans la première  
partie; il est certain qu'un mousquet  
qui chassera par exemple à la longueur  
de trois cens soixante toises à toute  
volée, portera cent toises de but en  
blanc, c'est-à-dire du quart de sa plus  
grande portée: au lieu que suivant  
les tables de cette hypothèse il ne de-  
vroit point chasser du tout étant tiré  
horizontalement; & qu'à l'élévation  
d'un degré il ne devroit porter guères  
plus loin qu'à la trentième partie de  
la même portée, & à la quinzième é-  
levé de deux degrés; & qu'enfin pour  
le faire chasser à celle de cent toises,  
lors-qu'à 45 degrés il porte à trois  
cens

cens soixante to. , il faudroit le tirer sous la direction de huit dégrez. De sorte qu'un soldat qui croiroit tirer son mousquet à la hauteur de son œil, le tiendrait élevé au pardeffus à la hauteur de huit dégrez sans le connoître. Ce qui est absurde.

LIV. VII.  
CHAP.  
VII.

VI. OB-  
JECT.

Cette  
Théorie  
est sou-  
vent  
contra-  
re à l'ex-  
périence.

## LIVRE DEUXIEME

*Réponses aux objections proposées contre  
la Théorie.*

Voilà la plus grande & la plus importante partie des raisons que l'on apporte contre les suppositions sur qui nous avons fondé la doctrine des projections que nous avons expliquée ; auxquelles nous allons répondre à peu près dans le même ordre qu'elles ont été proposées.

## CHAPITRE PREMIER.

*Réponse à la première Objection.*CHAP.  
I.Ré-  
ponse à  
la pre-  
mière  
obje-  
ction.

L'On ne peut rien nier dans la première ; étant tres-véritable (à le prendre à la rigueur , ) que les lignes horizontales , c'est-à-dire également distantes du centre de la terre en toutes leurs parties , sont des arcs de cercle & ne peuvent jamais être lignes droites ; & que les perpendiculaires, c'est-

e'est-à-dire celles qui tendent au même centre, ne sauroient jamais être parallèles. Et qu'ainsi la ligne de projection d'un corps pésant, supposé même que le mouvement imprimé fut égal & uniforme & celui de la pesanteur uniformément accéléré, ne peut être ligne parabolique, mais bien une espèce de spirale.

Il n'y a rien, dis-je, de plus certain que ce raisonnement pris dans la sévérité des démonstrations Géométriques; mais si l'on considère la distance qu'il y a entre le centre de la terre & le lieu où nous faisons nos projections, & le peu d'étendue de ces mêmes portées en comparaison de la surface: l'on ne pourra pas trouver mauvais que nous fassions les mêmes hypothèses qu'Archimède a faites sur un sujet de pareille nature, lors-que dans son livre *des Equiponderans* & dans celui de la *Quadrature de la parabole*, il a supposé que le joug de la balance posée horizontalement fut une ligne droite, & que les cordes, auxquelles

LIV. II.  
CHAP.  
I.

Ré-  
ponse à  
la pre-  
mière  
obje-  
ction.

LIV. II.  
CHAP.  
I.

Réponce  
à la pre-  
mière  
objecti-  
on.

les poids pendans aux bouts de la balance sont attachez, fussent parallèles entr'elles; quoi qu'en effet le joug horizontal soit portion de cercle & les cordes perpendiculaires, soient lignes qui se rencontrent au centre de terre.

Cependant comme les conséquences qu'Archimede à tirées de ses suppositions, qui sont d'une vérité incontestable dans la Théorie, rapportées à la Pratique des plus grandes mesures qui soient parmi nous; reçoivent si peu d'altération, (pour ne pas dire point du tout, au moins qui soit sensible: ) personne n'a fait difficulté de les admettre; & c'est sur ce fondement que nous avons la plupart de nos plus belles connoissances de Mécanique.

A son exemple nous pouvons bien supposer la même chose. Et comme on ne peut nier que les projections qui seroient faites horizontalement dans une distance *infiniment* éloignée du centre de la terre, (dans laquelle

la

la ligne de direction horizontale du mouvement imprimé du dehors seroit une ligne droite, & les perpendiculaires du mouvement de la pesanteur du mobile seroient des lignes paralleles, ) ne soient lignes paraboliques: l'on ne peut aussi raisonnablement disputer que les projections qui se font parmi nous, mêmes les plus grandes & des plus grandes hauteurs, ne soient de la même nature; s'il n'y a point de différence, ou si celle qui s'y rencontre est telle qu'il soit impossible de s'en appercevoir.

Ré-  
ponce à  
la pre-  
mière  
obje-  
ction.

Or il est vrai que posant qu'il fut possible qu'une pièce d'Artillerie, pointée horizontalement sur une montagne de cent toises de haut au dessus du niveau d'une Campagne, chassât à la longueur d'une de nos lieuës ordinaires de 2500 toises, qui est la plus grande distance que l'on puisse s'imaginer pour la portée d'une pièce pointée horizontalement: les perpendiculaires tirées des extrémités de cette longueur, ne se rappro-

LIV. II.  
CHAP.  
I.

Ré-  
ponce à  
la pre-  
mière  
obje-  
ction.

chent pas de la grandeur de six pou-  
ces dans toute cette étendue d'une  
lieuë & dans la hauteur de cent toises.

Ainsi je laisse à juger si trouvant  
par le calcul des tables faites sur la na-  
ture de la ligne parabolique, qu'une  
portée dût être de 2500 toises; il arri-  
voit que cette portée par l'expérience  
n'arrivât qu'à la longueur de 2499  
toises 5 piés & 6 pouces & demi; l'on  
en devroit plutôt imputer la faute à  
l'inclination des perpendiculaires  
qu'à toute autre raison; vû même qu'il  
est moralement impossible de s'as-  
sûrer jusqu'à ce point de l'exactitu-  
de de la mesure actuelle dans une si  
grande étendue.

Ce que je dis de six pouces dans cet-  
te supposition qui ne vient peut-être  
jamais en pratique, ne monte pas à six  
lignes aux projections de cent toises  
de longueur sur vingt toises de hau-  
teur, & vient absolument à rien dans  
nos portées ordinaires.

C'est-à-dire que bien que la ligne  
de la projection d'un mobile soit véri-  
table-



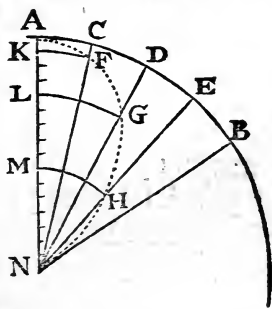
tablement une helice ou spirale du second genre dans toute son étendue, à le prendre depuis le point du départ jusqu'à celui du centre de la terre, (au cas que le chemin lui fut ouvert;) il est aussi tres vrai que la portion de cette helice, qui est coupée dans son commencement par la surface de la terre que nous habitons, est tellement semblable à la ligne parabolique, que l'on peut hardiment prendre l'une pour l'autre, sans craindre de faire erreur qui puisse jamais devenir sensible dans nos pratiques.

LIV. II.  
CHAP.  
I.

Réponse  
à la première  
objection.

Comme dans la figure qui a été rapportée ci-de-

vant. Quoi que toute la ligne AFGHN de la projection d'un mobile depuis le point du départ A élevé, N



par exemple, de la hauteur AK sur l'horizon KF, jusqu'au centre de la terre, N, soit

LIV. II.  
CHAP.  
I.

Ré-  
ponse à  
la secon-  
de obje-  
ction.

une helice ou spirale ; sa portion néanmoins A F coupée dans son commencement par la surface de la terre KF, sur laquelle la projection est terminée, est tellement semblable à la ligne parabolique que, même supposé que la hauteur A K fut de cent toises, & l'horizontale AC d'une lieue ou de 2500 toises ; la portée KF qui, dans l'hypothèse que A F soit parabolique, est aussi de 2500 to. , n'en est pas éloignée de six pouces dans l'helice, dans laquelle elle est de 2499 to. 5 piés 6<sup>1</sup>/<sub>2</sub> pouces. La même KF ne fera point différente de l'horizontale AC de six lignes, si AC est supposée de cent toises & A K de vint to. ; car KF sera de 999 to. 5 piés 11 pouces 6<sup>1</sup>/<sub>2</sub> lignes. Ce qui s'évanoüit entièrement aux projections ordinaires dont les portées ne sont pas si grandes, non plus que les hauteurs au-dessus du niveau.

## CHAPITRE II.

*Réponse à la seconde objection.*LIV. II.  
CHAP.  
II.Ré-  
ponse à  
la secon  
de obje-  
ction.

**I**L ne seroit pas plus raisonnable de contester la seconde des raisons, que l'on apporte contre notre hypothèse ; pour expliquer les altérations que la résistance de l'air peut apporter au chemin que doit faire un mobile poussé d'une force externe, dont nous avons supposé les espaces égaux qui sont parcourus dans des tems égaux. Car il est vrai qu'un mobile ne sauroit détourner les parties de l'air qu'il rencontre dans son passage, sans leur imprimer du mouvement & sans diminuer par conséquent la vitesse de celui qui lui a été imprimé du dehors.

Il est donc très véritable que, (raisonnant à toute rigueur, ) les espaces qu'ils parcourent dans des tems égaux, avec une vitesse qui diminue continuellement, ne peuvent point être égaux : & que, supposé même que le mouvement de la pesanteur qui se fait par les perpendiculaires,

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Ré-  
ponce à  
la se-  
conde  
obje-  
ction.

suivit toujours les loix du mouvement uniformement accéléré; la ligne néanmoins de la projection, qui naît de la composition de ces deux mouvemens, ne sauroit être ligne parabolique. Reste donc à considérer de combien les projections qui se font parmi nous, où la résistance de l'air s'oppose au passage du mobile & en altère le mouvement, sont différentes de celles qui se feroient avec la même direction & les mêmes degrés de vitesse dans un milieu sans résistance.

Il est difficile, (pour ne pas dire impossible,) de parler avec science & certitude de tous les effets de la résistance en général, à cause de son irrégularité presque infinie; agissant en mille manières différentes sur les mobiles, non seulement suivant les différences de leur pesanteur, de leur matière, de leur figure, de leur direction, de la vitesse & de la durée de leur mouvement, & des espaces qu'ils parcourent, ainsi que nous avons dit ci-devant; mais même suivant la diffé-

rence

rence des parties du milieu qui la cau-  
sent, leur rareté ou densité, leur dure-  
té ou mollesse, leur ténacité, leur  
poids, leur configuration, leur res-  
fort, leur situation, leur repos ou  
leur agitation, & la facilité ou la diffi-  
culté qu'elles ont à recevoir l'impres-  
sion des causes externes & à la conser-  
ver long-tems ou la perdre aussi-tôt  
qu'elles l'ont reçûë.

Toutes ces différences, qui sont cau-  
se, comme j'ai dit, que l'on ne peut pas  
faire une science complete sur ce sujet,  
n'empêchent pas néanmoins que l'on  
ne sache que les corps pésans, de figu-  
re ronde, & dont la vitesse n'est pas ex-  
cessive, sont ceux qui se ressentent le  
moins de cette résistance, lors-qu'ils  
sont portés dans un milieu rare comme  
est celui dans lequel nous faisons nos  
projections ordinaires, c'est-à-dire  
dans l'air. Et qu'ainsi ces projections &  
particulièrement celles des Bombes,  
à qui le feu du mortier n'imprime  
point de vitesse démesurée, qui sont  
rondes, d'un assez grand poids & qui

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Ré-  
ponse à  
la secon-  
de obje-  
ction.

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Ré-  
ponce à  
la secon-  
de obje-  
ction.

ne sont pas portées dans des distances excessives, sont du nombre de celles qui se trouvent le moins altérées, & si on les examine de près, on trouvera que la ligne qu'elles tracent dans l'air par leur passage est tellement semblable à la parabolique, que l'on peut dire hardiment que l'altération qu'elles reçoivent de la résistance du milieu est absolument insensible.

Car, (à le bien prendre,) la petitesse & le peu de durée des mouvemens que nous pouvons imprimer par artifice aux mobiles & que nous pratiquons ordinairement parmi nous, sont que l'on ne se peut presque point apercevoir qu'ils sont retardez ou arrêtés par les empêchemens du dehors; entre lesquels celui de la résistance du milieu dans lequel se fait le mouvement est le plus considérable.

La force & l'énergie de la résistance de l'air se fait principalement connoître sur les mobiles en deux rencontres; l'une en ce qu'elle altère plutôt & plus considérablement le mou-

vement de ceux qui ont peu de poids, que de ceux qui sont plus pèsans. L'autre est à l'égard des mobiles semblables, égaux & de même pèsanteur, mais qui sont portez avec des vîtesses différentes, sur qui la résistance de l'air fait d'autant plus d'impression que leur mouvement se fait avec plus de vélocité. Voici néanmoins deux observations de Galilée, qui font voir que même dans ces deux cas, ce que la résistance de l'air peut changer aux mouvemens que nous pouvons imprimer par nos artifices aux mobiles qui se meuvent dans les distances & avec les vîtesses qui sont ordinaires parmi nous, est tres-peu de chose.

La première est de deux corps de même figure & de même grandeur, mais de différentes pèsanteurs comme sont deux balles de même grosseur dont l'une soit de bois & l'autre de fer ou de plomb, qui fera par conséquent, dix ou douze fois plus pèsante que l'autre; lesquelles il faut laisser tomber en même tems d'une même hau-

Ré-  
ponce à  
la secon-  
de obje-  
ction.

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Ré-  
ponce à  
la secon-  
de objec-  
tion.

teur, comme de celle de cinquante toises, qui est un espace assez grand pour donner lieu à la résistance de l'air de faire remarquer la différence de son action sur des pèsanteurs tellement éloignées l'une de l'autre. Car s'il est vrai qu'elle agisse peu sur le plomb, & beaucoup sur le bois, le plomb doit en tombant laisser le bois beaucoup en arrière, & être à terre un tems considérable avant l'autre. Ce qui n'arrive pourtant point, car lors-que le plomb touche à terre, le bois n'en est pas éloigné de la hauteur de dix ou douze pouces, c'est-à-dire de plus de la trois centième partie de toute la hauteur de la chute, bien loin d'en être éloigné de la dixième, comme il arriveroit si les vîteses & les espaces étoient, comme dit Aristote, proportionnez aux pèsanteurs des mobiles qui tombent.

Cependant la vîtesse que ces deux mobiles aquierent par le mouvement uniformement accéléré tombant de la hauteur de cinquante toises, & qui  
est



est à peu près la même en l'un & en l'autre, est assez grande pour faire parcourir à chacun d'eux un espace de cent toises d'un mouvement égal & uniforme dans un tems égal à celui de leur chute, c'est-à-dire dans le tems d'environ cinq secondes. Elle est même assez grande pour être comparée à celle des mouvemens que nous pouvons imprimer par artifice aux mobiles; puis-que celle-là même que le feu donne à la balle d'une arquebuse qui lui fait parcourir près des mêmes cent toises en une seconde, n'est pas cinq fois plus grande que celle-ci. Ce qui fait voir que puis-que, dans une si grande vitesse, dans un si grande espace & dans une si grande différence de pesanteur, il y a si peu de différence d'étendue de portée dans un même tems; l'on ne doit pas présumer que la résistance de l'air apporte de grans changemens dans les mouvemens de nos projections ordinaires.

Ré-  
ponce à  
la secon-  
de obje-  
ction.

L'autre est pour faire voir que l'empêchement qu'un mobile reçoit de

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Ré-  
ponce à  
la se-  
conde  
obje-  
ction.

la résistance de l'air, lors-qu'il se meut avec beaucoup de vitesse, n'est guères plus grand que celui qu'il ressent quand il est mû plus lentement. Suspendez, dit-il, deux balles de plomb égales & de même figure à deux filets de même longueur comme de six ou sept piés, dont les bouts soient attachez au plancher; puis éloignez en même tems les deux balles de leur état perpendiculaire où elles se trouvent quand elles sont en repos, mais en manière que l'une s'en éloigne de 80 degrés ou même plus, & l'autre seulement de 4 ou 5 degrés: en sorte que les laissant dans la liberté de leur mouvement, la première décrive de tres-grans arcs comme de 160: de 150: de 140: degrés & ainsi de suite en diminuant peu à peu; l'autre au contraire ne passe que de petits arcs comme de 8: de 6: de 4: degrés en les diminuant aussi petit à petit.

Vous remarquerez, dit-il, premièrement que la vitesse de l'un est seize ou dixhuit fois plus grande que  
cel-

celle de l'autre ; & que si la résistance de l'air retardoit beaucoup plus le mobile lors-que sa vitesse est grande que lors-qu'il se meut plus lentement, elle devroit se faire ressentir davantage sur la balle qui passe de si grans arcs , & rendre par conséquent ses vibrations ( c'est-à-dire ses allées & ses retours ) plus rares & moins fréquentes que ne sont les vibrations de la balle qui passe des petits arcs. Ce qui pourtant , n'arrive point : car l'expérience nous fait connoître que ces vibrations des balles pendantes à des filets de même longueur se font si justement dans les mêmes tems , soit que l'une passe des arcs cent fois , pour ainsi dire , plus grans que l'autre , que si deux personnes se donnent le soin de les compter chacune à part , elles se trouveront toujours ensemble dans les mêmes nombres , sans trouver aucune différence non seulement après les avoir contées par centaines , mais même dans celles qui sont répétées mille & mille fois.

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Ré-  
ponce à  
la se-  
conde  
obje-  
ction.

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Ré-  
ponse à  
la secon-  
de obje-  
ction.

Ce n'est pas que l'on n'y puisse à la fin trouver du changement : car nous savons par l'expérience des horloges à pendules , que leurs vibrations sont un peu plus fréquentes & quelles vont tant soit peu plus vite lors - que le ressort est à sa fin & qu'il ne peut donner que tres-peu de mouvement à la pendule , que lors qu'étant dans sa force il lui fait décrire des grans arcs ; mais cela ne se connoît qu'avec beaucoup de tems. Et l'on peut de ces expériences tirer une conséquence assurée, que l'effet de la résistance de l'air sur les mouvemens que nous pratiquons ordinairement parmi nous , est peu de chose.

J'ajouterais à ces raisonnemens que posé même qu'il fut vrai, que l'air pût apporter une altération considérable au mouvement des projections, & qu'il y eut beaucoup de différence entre l'étendue d'un jet fait dans un milieu sans résistance & celle d'un autre jet fait dans l'air avec la même impression de vitesse: l'on ne pourroit pas

pas pour cela tirer aucune conséquence contraire aux pratiques que nous avons enseignées dans la seconde partie de ce discours. Ce que l'on feroit avec justice si la résistance de l'air n'agissoit pas uniformement & de la même manière sur tous les mobiles égaux, semblables & de même poids, & poussez d'une même vitesse sous quelque angle de direction que ce puisse être: ou si dans les règles que nous avons proposées, nous avions comparé les portées qui se font dans l'air avec celles qui se feroient dans un milieu sans résistance.

Mais il n'y a rien de semblable dans nos suppositions; & toutes nos règles & les Tables mêmes qui sont construites pour cet effet, ne considèrent que les étenduës des projections des mobiles qui se font dans un même milieu c'est-à-dire dans l'air, avec la même impression de force; sans relation à ce qui leur arriveroit dans quelque autre milieu que ce puisse être. Car nous avons toujours supposé que  
l'on

LLV. II.  
CHAP.  
II.

Ré-  
ponse à  
la se-  
conde  
obje-  
ction.

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Ré-  
ponce à  
la secon-  
de obje-  
ction.

l'on fit une épreuve de la pièce ou du mortier dont on veut se servir sous la direction d'un angle connu, & que l'on mesurât l'étendue de la portée avec toute la justesse & la précision possible, enforte que l'on pût s'appuyer assurément sur la certitude de cette expérience ; appellant cette portée *première & fondamentale* ; à laquelle il faut rapporter tous les autres jets que l'on auroit à faire avec la même pièce ou mortier, chargé de la même manière, & sous la direction de tout autre angle proposé.

Ainsi l'on peut dire avec beaucoup d'apparence que ces mobiles se ressentant également de la résistance du milieu, conservent entr'eux de fort près la même proportion pour la figure, la durée & l'étendue de la ligne qu'ils décrivent dans leur passage, qu'ils auroient s'ils ne trouvoient aucun obstacle dans leur chemin. Ce qui est si conforme à l'expérience que dans les jets d'eau même qui par le peu de pesanteur & par la fluidité de la matière,

se

se ressentent beaucoup de l'effort de la résistance de l'air, l'on remarque que l'étenduë de ceux qui se font sous l'angle de 45 dégrez, est double de la hauteur des perpendiculaires, ou s'approche de si près de ces mesures que dans les jets de six piés de haut la différence ne fera pas de quatre lignes.

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Ré-  
ponce à  
la secon-  
de obje-  
ction.

Ce n'est pas que l'on ne puisse apercevoir de cette différence dans les autres jets dont les portées devroient, suivant les règles, être égales, quoi que le chemin qui se fait dans l'un soit plus grand que celui qu'il parcourt dans l'autre; je veux dire dans les portées des projections qui se font sous des angles également éloignez au-dessus ou au-dessous du demi-droit. Car il est vrai que celles qui s'approchent le plus de la perpendiculaire & dont les élévations sont au-dessus, ayant plus de chemin à faire que celles qui s'approchent plus de l'horizontale & dont les élévations sont au-dessous, se ressentent plus de la résistance de l'air, & sont par conséquent tant soit peu plus courtes que les autres.

A

LIV. II.  
CHAP.  
II.

Ré-  
ponce à  
la secon-  
de obje-  
ction:

A quoi l'on doit peut-être rappor-  
ter les expériences que Louis Collado  
Ingénieur du Roi d'Espagne dont nous  
avons parlé dans la première partie  
de ce discours, raconte des portées  
d'un fauconneau de trois livres de bal-  
le tirées suivant les différens points de  
l'Equerre; parmi lesquelles, quoi que  
tres-défectueuses; l'on ne laisse pas  
de remarquer qu'au septième point  
la balle chût, comme il dit, plu-  
sieurs pas en deçà de la portée du si-  
xième; au huitième elle tomba entre  
les portées du troisième & du quatrié-  
me point, & au neuvième entre celles  
du second & du troisième; qui selon  
les règles devoient tomber le septié-  
me sur le cinquième, le huitième sur  
le quatrième, & le neuvième sur la  
portée du troisième point.



## CHAPITRE III.

*Réponse à la troisième objection.*LIV. II.  
CHAP,  
III.Ré-  
ponse à  
la troi-  
sième  
obje-  
ction.

**J**E me servirai de toutes ces raisons pour répondre à la troisième objection que j'ai rapportée ci-devant, par laquelle on prétend que dans la projection d'un mobile, la même résistance de l'air change beaucoup les proportions du mouvement uniformément accéléré que la pesanteur lui imprime. Car quoi qu'il soit vrai que chaque corps, suivant son poids, sa figure & sa grandeur, doive avoir dans chaque milieu un degré borné de vitesse, qu'il est capable d'acquérir en tombant d'une hauteur déterminée; qu'au de-là de cette hauteur il ne peut plus recevoir d'accroissement de vélocité; & que toute autre vitesse plus grande, imprimée par quelque cause externe au mobile, lui est en quelque façon surnaturelle: l'on ne peut néanmoins nier que les corps solides, ronds & pesans comme sont nos bom-

LIV. II.  
CHAP.  
III.

Ré-  
ponce à  
la troi-  
sième  
obje-  
ction.

bombes & nos boulets de Canon, ne soient ceux d'entr'eux dont le dernier terme de l'accroissement de vîtesse est le plus éloigné du commencement de leur chute, & sur qui l'effet de la résistance de l'air doit moins paroître dans les petites hauteurs comme sont celles de nos projections.

Ainsi, quoi qu'il arrive, comme on dit & comme il y a beaucoup d'apparence, qu'un de ces mobiles en tombant perde à la fin, par la résistance de l'air, la vertu que sa pésanteur lui donne d'augmenter incessamment sa vîtesse: comme cela ne lui doit arriver qu'après un grand tems & après être tombé d'une hauteur extraordinaire, il seroit mal-aisé de s'appercevoir sitôt de ce changement, qui ne fauroit être grand dans les hauteurs où nous faisons ordinairement nos projections.

Ce qui se confirme par les expériences dont le Pere Mersene parle dans sa Balistique & qui sont rapportées dans cette objection; car après  
avoir

avoir dit, qu'une flèche qui monte en trois secondes de tems à la hauteur de 50 toises, met en-suite cinq secondes à descendre; & que montant en cinq secondes à une plus grande hauteur, lors-que la force de l'arc est plus grande, elle employe sept secondes dans sa descente; il assure qu'il a reconnu par des épreuves répétées plus de cent fois que les bombes qui peuvent s'élever à la hauteur perpendiculaire de plus de cent toises, mettent précisément autant de tems à monter qu'à descendre.

D'où l'on peut conjecturer que ce qu'il rapporte des flèches, ( s'il est vrai qu'il ait pû remarquer si justement la hauteur de leur jet perpendiculaire & le tems de leur montée & de leur descente, ) peut provenir, non seulement de la résistance de l'air dont l'effet sur les flèches a été suffisamment expliqué dans la troisième objection, mais même parce que la pointe de la flèche ayant plus de poids, se porte toujours en avant la pré-

LIV. II.  
CHAP.  
III.

Ré-  
ponce à  
la troi-  
sième  
obje-  
ction.

LIV. II.  
CHAP.  
III.

Ré-  
ponce à  
la troi-  
sième  
obje-  
ction.

première tant qu'elle est en mouve-  
ment ; desorte que lors-qu'en mon-  
tant la pointe en haut , elle est par-  
venue à la hauteur perpendiculaire  
où la force imprimée la peut faire  
monter , il lui faut du tems pour se  
renverser & pour faire que la pointe  
se tourne du côté qu'elle doit se mou-  
voir en descendant , c'est-à-dire vers  
le bas. Et quoi que dans ce moment  
la flèche , à bien parler , ne descen-  
de pas encore , ne faisant que chan-  
ger la situation de ses parties : ce  
tems néanmoins étant pris pour celui  
de la descente , que l'on a accou-  
tumé de conter du moment qu'elle  
cesse de monter , le fait paroître plus  
grand que celui de la montée ; quoi-  
qu'en effet ils ne soient pas fort dif-  
férens l'un de l'autre , non plus que  
dans le mouvement des Bombes &  
des autres mobiles ronds , qui étant  
également pèsans en toutes leurs par-  
ties , n'ont point de changement à  
faire entr'elles , & mettent par con-  
séquent autant de tems à monter qu'à des-

descendre. D'où l'on peut enfin nécessairement inférer que le changement que la résistance de l'air apporte à leur mouvement, n'est point sensible.

L'on voit par l'une des observations de Galilée que, dans les mobiles de même grandeur & de même figure & qui tombent ensemble de même hauteur, la différence du poids ne fait pas beaucoup de différence de mouvement, puis qu'une balle de bois tombant de la hauteur de trente toises arrive presque aussi-tôt à terre qu'une de plomb, quoi que celle-ci soit dix ou douze fois plus pesante que l'autre. Ce que nous reconnoissons encore mieux par les jets perpendiculaires des liqueurs comme de l'eau & du vif argent, qui partant d'une même hauteur de source remontent presque à la même hauteur du jet, comme nous l'expliquerons mieux ci-après, quoi que l'eau soit plus de treize fois moins pesante que le vif argent. D'où nous pouvons conclure que l'effet de la résistance

LIV. II.  
CHAP.  
III.

Ré-  
ponce  
à la troi-  
sième  
obje-  
ction.

LIV. II.  
CHAP.  
III.

Ré-  
ponce à  
la troi-  
sième  
obje-  
ction.

de l'air quelque considérable qu'il puisse devenir sur les corps qui tombent de fort haut, n'est pas fort sensible dans les hauteurs où nous pouvons porter les mobiles à qui nous donnons le mouvement par nos artifices.

Au reste, si l'on suppose, comme il est vrai-semblable, que la résistance du milieu agit également sur des mobiles égaux, semblables & de même poids, pourvu qu'ils soient portez d'une même vitesse; & que la différence de ses effets dépend principalement de la différence du tems que le mobile employe à se mouvoir, en sorte qu'elle se fasse plus ou moins ressentir selon que le corps mù fait plus ou moins de chemin en quelque direction que ce puisse être: l'on peut dire avec beaucoup d'apparence que nos bombes & nos boulets de Canon, (que nous supposons toujours égaux, semblables, de même poids, & portez d'une même vitesse, qui lui est imprimée par le feu d'une même pièce ou d'un même mortier chargé de la même pou-

poudre & de la même manière,) conservant dans l'air les mêmes proportions, pour la différence des portées suivant les différentes inclinations de direction, qu'ils auroient dans un milieu sans résistance: & que l'on peut par conséquent se servir des règles & des tables que nous avons rapportées, quoi qu'à le prendre à la rigueur, elles supposent que le mobile ne ressent aucune altération par les empêchemens externes dans son mouvement.

Pour regarder la chose de plus près, il faut considérer que la résistance de l'air agissant sur la projection d'un mobile en deux manières savoir, en retardant l'effet du mouvement uniformément accéléré que la pesanteur lui imprime suivant les perpendiculaires, & en retardant par celui du mouvement égal qui lui a été donné la force de dehors selon la ligne de sa direction: par la première cette résistance agrandit l'étendue de la portée du jet, & par l'autre au contraire elle la diminue; ainsi l'on peut raison-

LIV. II.  
CHAP.  
III.

Ré-  
ponse à  
la troi-  
sième  
obje-  
ction

LIV. II.  
CHAP.  
III.

Ré-  
ponse à  
la troi-  
sième  
obje-  
ction.

nablement conjecturer que ces deux empêchemens se détruisent réciproquement l'un l'autre, & que le dernier ôtant de l'étendue ce que le premier lui ajoute, elle demeure par une espèce de compensation dans sa légitime grandeur, & telle à peu près qu'elle seroit dans un milieu sans résistance.

Comme si le mobile partant du point A suivant la direction AC parcourroit dans un milieu sans résistance toute la ligne AC d'un mouvement égal pendant le tems qu'il descendroit par le mouvement uniformement accéléré de toute la hauteur perpendiculaire AB; il est constant que par la composition des deux mouvemens, il se trouveroit au point D où la perpendiculaire CD égale à AB rencontre la ligne horizontale BD, après avoir décrit dans son passage la ligne parabolique AD. Posons maintenant que la résistance de l'air se fasse seulement sentir sur le mouvement égal du mobile sans toucher à l'uniformement accéléré; en sorte

que





LIV. II.  
CHAP.  
III.

Ré-  
ponce  
à la troi-  
sième  
obje-  
ction.

entendons que la résistance de l'air se fasse seulement sentir sur le mouvement uniformément accéléré de la pesanteur ; en sorte que dans le tems que le mobile partant du point A arrive par le mouvement égal au point C, il ne soit cependant descendu que de la longueur perpendiculaire A G : il paroît que le mobile par la composition de ces deux mouvemens seroit en H, où la perpendiculaire CH égale à AG rencontre la droite GH parallèle à l'horizon, après avoir décrit la courbe AH; & que dans le tems qu'il employeroit à descendre le reste de la perpendiculaire GB, pour arriver à l'horizontale B D, il auroit cependant continué sa route suivant la direction A C par le mouvement égal comme de C en E ; afin de se trouver en F où la perpendiculaire EF égale à A B rencontre l'horizontale B D continuée ; & par ce moïen l'étendue de la projection B F se trouveroit agrandie par la résistance de l'air : & plus longue que l'étendue B D

qui

qui se feroit dans un milieu sans résistance.

Puis donc que la résistance de l'air lors-qu'elle agit seulement sur le mouvement uniformément accéléré, agrandit l'étendue du jet, comme au contraire elle la diminue lors-qu'elle retarde seulement l'effet du mouvement égal, & qu'il y a grande apparence que cette résistance agit uniformément sur un même mobile. L'on peut, ce me semble, dire avec quelque fondement de raison que ces deux effets, qui agissant ensemble seroient considérables sur l'étendue du mobile s'ils se faisoient sentir de même part, deviennent par leur contrariété insensibles sur la même étendue; & que l'un lui rendant ce qui lui est ôté par l'autre, elle demeure par cette compensation dans une espèce d'équilibre & à peu près au même état qu'elle seroit si elle n'étoit aucunement altérée.

LIV. II.  
CHAP.  
III.

Ré-  
ponse à  
la troi-  
sième  
obje-  
ction.

*Réponcé à la quatrième objection.*

**L**A difficulté qui vient de la composition des deux mouvemens dont il est parlé dans la quatrième objection est plus grande. Car bien que l'on puisse assez bien comprendre ce qui arrive sur ce sujet lors-que les mouvemens sont purement mathématiques, c'est-à-dire lors-que l'on les suppose parfaitement réglez & incapables d'aucune altération : il n'en est pas de même de ceux qui se font parmi nous, lesquels dépendant de mille causes physiques qui nous sont pour la plûpart inconûes, sont par conséquent sujets à plusieurs changemens dont il n'est pas facile de rendre raison.

Ainsi Gallilée pour répondre à la même objection qu'il se fait lui-même, excepte premièrement des règles de sa Théorie, les effets prodigieux du mouvement que le feu de la poudre imprime aux balles d'Artillerie, dont la vitesse est, dit-il, surnaturelle,

relle, parce que le mobile en tombant de quelque hauteur que ce puisse être, ne pourroit jamais naturellement en acquérir une pareille Il avoüe même qu'il y a quelque apparence que la ligne que décrit la balle d'un mousquet ou d'un Canon, est au moins dans son commencement plus droite qu'il ne faut pour être parabolique, & qu'elle ne seroit effectivement si l'impression de sa vitesse n'étoit pas si violente.

Ré-  
ponce à  
la qua-  
trième  
obje-  
ction.

Dans un autre endroit, faisant réflexion sur la table des amplitudes des paraboles, que nous avons rapportée ci-devant, & dans laquelle il met un o sous les angles de 0 & de 90 dégr. c'est-à-dire pour l'étendue du jet horizontal aussi-bien que du perpendiculaire; il fait dire à *Sagredo*, (qui est un de ceux qui parlent dans ses Dialogues,) qu'il n'a point de peine à comprendre ce qu'il dit pour le jet perpendiculaire parce qu'il n'y a point de force quelle qu'elle soit, qui puisse, en portant le mobile suivant cette direction à l'infini

LIV. II.  
CHAP.  
IV.

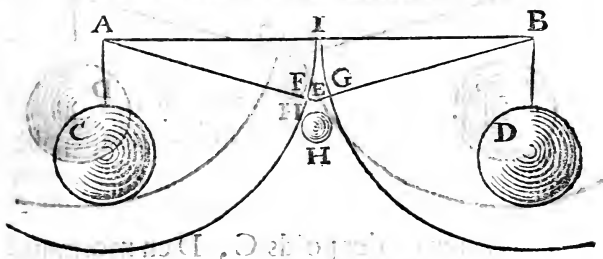
Ré-  
ponce à  
la qua-  
trième  
obje-  
ction.

donner au jet aucune autre étendue que la perpendiculaire : mais qu'il ne peut pas si bien concevoir, qu'une force quelque grande qu'elle puisse être, ne puisse point porter un mobile horizontalement en ligne droite à une distance si petite que l'on puisse s'imaginer ; & qu'un boulet de Canon commence à descendre au premier moment qu'il sort de la bouche de la pièce pointée, comme on dit, de point en blanc, & quitte la ligne de direction sans pouvoir aucunement marcher en ligne droite.

J'assûrerois même que cela est, dit-il, absolument impossible, si je n'en étois retenu par un autre accident de la nature, qui n'est pas moins bigearre ni moins surprenant que celui-ci ; dont il y a néanmoins une démonstration Géométrique : c'est qu'il n'y a point de force quelle qu'elle soit, qui soit capable d'étendre une corde posée horizontalement en ligne droite. Comme si l'on attache aux extrémités de la corde A B, deux poids C, D quel-

quelque grand qu'ils soient ; je dis qu'ils ne pourront jamais étendre la corde horizontalement de telle sorte qu'elle fasse une ligne droite A.B. Car si l'on entend que le poids de la corde , agissant en I soit égal au poids H ; il est constant , par

Ré-  
ponce à  
la qua-  
trième  
obje-  
ction.

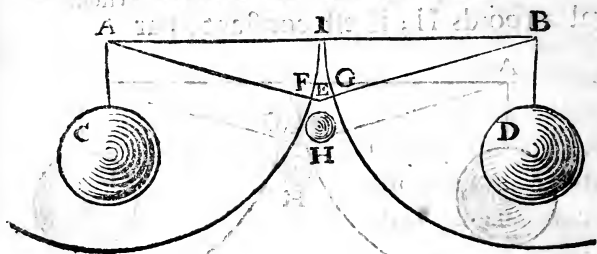


les règles de la Mécanique , que le poids H descendra & fera monter les deux poids C & D toutes les fois que le chemin IE que le poids H fera en descendant aura plus grande raison au chemin E-F que les poids C, D feront au même tems en montant, que les mêmes poids C, D ensemble n'ont au poids de la corde H. Et comme la raison des poids , C, D ensemble au poids H, ne sauroit jamais

LIV. II.  
CHAP.  
IV.

Ré-  
ponce à  
la qua-  
atrième  
obje-  
ction.

être si grande que l'on ne puisse faire un angle comme  $EAI$  dont la tangente comme  $IE$  n'ait encore une plus grande raison à la partie de la sécante  $EF$ ; c'est-à-dire le chemin du poids de la corde  $H$  en descendant, au



chemin des poids  $C$ ,  $D$  en montant : il paroît que ces poids ne sauroient jamais empêcher que le poids de la corde ne descende, ni jamais par conséquent l'étendre en ligne droite.

Galilée prend, en-suite de ce raisonnement, occasion de dire que ces deux cas sont si semblables, que ce que l'on démontre de l'un peut être entendu de l'autre sans difficulté : car les deux poids sont à l'égard de la corde qu'ils tirent, comme la vitesse de l'im-



l'impression est à l'égard du boulet qu'elle emporte horizontalement. Et comme ces poids, quelques pèsans qu'ils soient, ne peuvent jamais empêcher que le poids de la corde n'agisse & ne la détourné de la ligne droite, où les deux poids la veulent étendre : ainsi cette impression, quelque violente qu'elle puisse être, ne sauroit ôter au boulet l'action de sa pesanteur, par laquelle, il se détourne de la ligne droite, où l'autre impression le veut porter.

LIV. II.  
CHAP.  
IV.

Ré-  
ponce à  
la qua-  
trième  
obje-  
ction.

En effet de toutes les raisons qui sont à nôtre connoissance, il ny en a aucune qui détruise cette propriété de la nature : il faut pour la combattre avoir recours aux expériences comme on a fait dans la quatrième objection. Surquoi je dirai premièrement au sujet de celles que l'on rapporte des boulets de Canon qui tirez horizontalement mettent, comme on dit, beaucoup plus de tems à arriver à terre, qu'ils ne feroient s'ils tomboient seulement de leur poids de la hauteur de la bouche

LIV. II.  
CHAP.  
IV.Ré-  
ponse à  
la qua-  
trième  
obje-  
ction.

la pièce; que ces expériences sont extrêmement suspectes particulièrement en deux choses, dont l'une est pour ce qui regarde la justesse de la direction horizontale de la pièce, & l'autre est au sujet de la conduite de la balle qui ne suit pas toujours précisément cette direction.

La plupart des Canoniers s'imaginent que leur Canon est pointé justement de but en blanc, lorsqu'ayant remarqué quelque endroit opposé dans le niveau de leur pièce, ils daignent pointent vers cet endroit en mirant au long du métal, & font en sorte que la ligne de leur vûe passant de la culasse au boulet, découvre le but où ils visent : en quoi ils se trompent de beaucoup ; car le niveau de l'ame porte plus haut que cette mire, & fait par conséquent monter le boulet au dessus de la ligne horizontale.

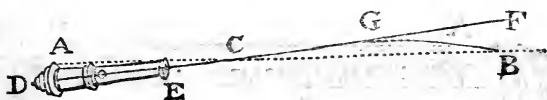
Comme si la pièce A E est pointée vers un point dans le niveau de la pièce comme B, en sorte que la ligne de la mire qui passe de la culasse A au

haut.

haut du bourlet E découvrir le but B; il ne faut pas attendre que la balle marche au long de la droite horizontale AB, s'il est vrai qu'il suive la direction de l'ame DE, parce qu'elle n'est point parallèle à la droite du raz de métal AC à cause que le métal est plus foible à la volée; ce qui fait

LIV. II.  
CHAP.  
IV.

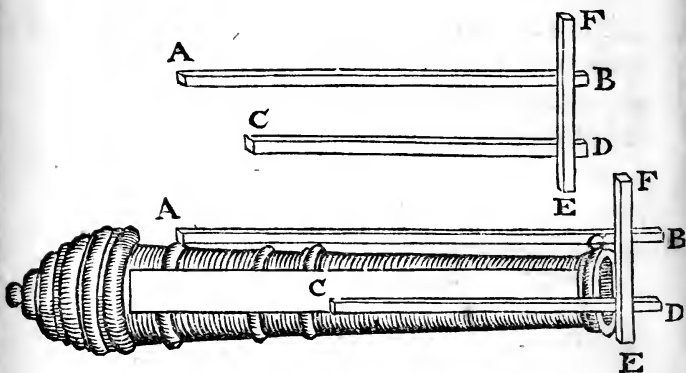
Ré-  
ponce à  
la qua-  
trième  
obje-  
ction.



qu'elle porte le boulet vers F & le contraint de décrire la courbe E G B pour arriver au point B.

Je fais bien que ceux qui veulent pointer juste selon la direction de l'ame de la pièce, se servent d'une espèce d'Equerre faite de trois règles bien droites AB, CD, FE disposées de sorte que CD & FE étant attachées à angles droits, la règle AB se haussant & baissant au long de la règle FE, demeure toujours parallèle à CD. Car mettant CD dans l'ame de la pièce & hauf-

haussant ou baissant A B jusqu'à ce que le point A soit sur la mire de la culasse, la direction du point A par B



fera la même que celle de l'ame ; de sorte que si l'on met quelque chose de stable sur le bourlet en G qui réponde à la hauteur du point B , l'on aura la ligne de mire AB parallèle à celle de l'ame de la pièce.

Mais je fais aussi que lors - que la pièce est pointée de cette manière , il n'arrive jamais qu'elle porte droit au but proposé dans la distance de sa portée ordinaire de niveau , & qu'il arri-

arrive au contraire que le boulet frappe beaucoup plus bas.

LIV. II.  
CHAP.  
V.

# CHAPITRE V.

## *Réflexions sur le sujet de l'Artillerie.*

Ré-  
flexion  
sur le su-  
jet de  
l'Artil-  
lerie.

**V**Oici quelques réflexions que j'ai faites sur le sujet de l'Artillerie, par lesquelles on verra que la conduite de la balle n'est pas toujours la même que celle de la direction de la pièce. Je dis donc qu'il y a beaucoup d'apparence que le feu prenant à la poudre de la charge ne l'embrase pas subitement toute entière & toute à la fois pour donner au boulet, par une seule & unique impulsion, cette force & cette impétuosité de vitesse avec laquelle il se meut. Au contraire il est bien plus probable que la véhémence de cette impression lui est plutôt & plus sûrement communiquée par une infinité de percussions que les petits grains de la poudre allument successivement lui font ressentir, soit en le poussant directement à mesure qu'ils

LIV. II.  
CHAP.  
V.

Ré-  
flexion  
sur le su-  
jet de  
l'Artil-  
lerie.

qu'ils s'enflament auprès de lui, soit qu'en frappant contre les côtes de l'ame & se réfléchissant une infinité de fois dans toute son étendue, ils viennent aussi se faire sentir au boulet autant de fois qu'ils le rencontrent. Car il n'y a point d'épaisseur de métal qui fut capable de résister à un si grand effort, s'il se faisoit sentir tout à la fois, & en un même endroit : & les Canons au premier coup se mettoient en pièces. Outre que leur longueur seroit inutile pour leur portée : car le boulet ayant une fois reçu toute sa force imprimée, seroit toujours porté à la même distance, soit qu'il sortît d'un Canon ou plus long ou plus court. Ce qui est contraire à l'expérience.

Ceci peut servir de règle pour la proportion que la longueur du Canon doit avoir avec son diamètre, laquelle doit être disposée de telle manière que la poudre de la charge y puisse être précisément allumée tout entière au moment qu'il vient à en sortir : car si le Canon est trop court, une bon-  
ne

ne partie de la poudre sort avec le boulet sans faire effet, ainsi qu'il arrive souvent & principalement aux pièces qui sont échauffées : & si la pièce est plus longue qu'il ne faut, en sorte que la poudre soit toute enflammée avant que le boulet soit arrivé à la bouche ; la force peut être considérablement diminuée par le frottement qu'il fait tout le long du haut de l'ame avant que de sortir.

Ré-  
flexion  
sur le  
sujet de  
l'Artil-  
lerie.

Comme les Canons qui ont de la longueur ont plus de portée que ceux qui sont courts , à cause que le boulet , avant que de sortir , y donne tems à une plus grande quantité de poudre de s'allumer : l'on peut augmenter de beaucoup la force des Canons courts , en creusant des petits canaux tournez en forme de spirale au dedans de leur ame, & poussant avec violence sur la poudre une balle de plomb un peu plus grosse que le diamètre du Canon, afin qu'en sortant elle soit contrainte de suivre le contour des canaux de la spirale : car

par

par ce moien la balle mettant autant de tems à sortir du Canon quoi que court, qu'elle mettroit à sortir d'un autre Canon qui seroit aussi long qu'un de ces canaux étendus ; elle fera qu'il s'y allumera autant de poudre qu'il s'y en allumeroit dans l'autre, & que la force y sera également augmentée.

L'on peut encore donner beaucoup de force aux Canons courts en creusant en rond le fonds de leur culasse en forme de campagne ou de cloche : car comme l'action de la poudre qui prend feu, se fait en rond de sphère & tout alentour, il n'y a que cette partie qui regarde la bouche de la pièce qui pousse le boulet en avant, & celle qui regarde la culasse tombe dans le creux de la campagne qui, étant à peu près fait de figure parabolique, la rassemble & la réfléchit tout entière avec la même vélocité vers le boulet ; desorte qu'il ne se perd rien de l'action de la poudre, qui par ce moien se trouve employée tout entière  
sur



sur le boulet. Au lieu qu'aux autres Canons le boulet ne ressent que cette partie de l'action de la poudre qui se porte directement en avant, la plupart du reste se perdant sans effet sur le derrière & vers la culasse.

## CHAPITRE VI.

*Suite de la réponse à la quatrième objection.*

**M**Ais pour retourner à notre sujet, l'on peut inférer de ce raisonnement que le boulet au sortir de la pièce ne va jamais droit au but vers lequel elle est pointée, & qu'il se détourne notablement de la ligne de la direction en montant dès le moment qu'il sort de la bouche ; car les grains qui sont les plus proches de la culasse s'allumant les premiers poussent par leur mouvement précipité non seulement le boulet, mais même les autres grains de la poudre, qui par leur propre pesanteur suivent le boulet, au long du fonds de l'ame, où s'allumant l'un après l'autre, ils frappent  
quasi

CHAP.  
VI.

*Suite  
de la réponse à  
la quatrième  
objection.*

quasi tous le boulet vers le dessous, qui n'étant pas de calibre, à cause du jeu qu'il doit nécessairement avoir dans la pièce, est élevé insensiblement vers le bord supérieur de la bouche, contre lequel il frotte tellement en sortant qu'aux pièces qui ont beaucoup servi & dont le métal est un peu doux, l'on remarque un canal considérable que le boulet en sortant y a à la fin creusé par ce frottement.

Deiorte que le boulet, comme il paroît de tout ce discours, n'étant jamais porté en ligne droite vers le but, quelque soin que l'on prenne de pointer la pièce horizontalement, il ne faut pas s'étonner s'il employe plus de tems à monter & à descendre dans toute l'étendue de la courbe qu'il décrit, qu'il n'en mettroit à tomber seulement de son poids à la hauteur de la bouche de la pièce.

Je joindrai ici la même expérience que le Pere Mersene rapporte dans sa balistique, pour montrer que la nature fait toujours observer ses règles  
dans

dans ses jets en la manière que nous les avons expliquées. C'est celle que M<sup>r</sup> Petit a faite autrefois au Havre de Grace avec une pièce de 33 livres de balle, élevée huit toises sur le niveau de la campagne qui, pointé sous la direction de l'angle de 22 degrés, a chassé à la longueur de 1900 toises dans le tems de 20 ou 21 secondes. Car par le calcul on peut faire voir sur cette hypothèse que la balle s'est élevée à la hauteur de près de deux cens toises au-dessus du niveau de la batterie, & qu'il lui a fallu dix secondes pour monter à cette hauteur & près d'onze secondes pour en descendre. Où il paroît que la pesanteur de la balle, dans toute l'étendue de cette portée, a fait le même effet pour le mouvement uniformement accéléré, qu'elle auroit fait quand elle n'auroit point eû d'autre impression, parcourant en descendant environ douze piés en une seconde & le reste à proportion.

LIV. II.  
CHAP.  
VI.

Suite  
de la réponse à  
la quatrième  
objection.

Je ne crois pas que l'on doive faire  
beau-

LIV. II.  
CHAP.  
VI.

Suite  
de la ré-  
ponse à  
la qua-  
trième  
obje-  
ction.

beaucoup de cas de l'expérience du jet du Dragon de Ruel rapportée par le Pere Mersene ; pour le peu d'exactitude avec laquelle elle a été faite : mais sur celles des arquebuses rayées, on peut dire que quand il seroit même véritable, ce que dit le même auteur, qu'une balle porte juste de but en blanc à la longueur de cent toises en une seconde de tems ; il ne seroit pas mal-aisé de répondre que pour peu que l'on donnât de latitude à ce qu'il appelle de but en blanc, son expérience se trouveroit entièrement conforme à nos hypothèses. Il ne faut que supposer que la direction de l'arquebuse ait été seulement d'un demi degré ou de 35 minutes au plus, au-dessus de la ligne horizontale, dont il est impossible de reconnoître la différence à la vûë, ou que la balle par l'impression du feu de la poudre ait été portée suivant cette direction : car par ce moïen l'on peut voir par le calcul qu'elle se fera élevée dans le milieu de sa course à la hauteur perpendicu-

diculaire de trois piés ; ce qui suffit pour emploïer une demi - seconde de tems pour arriver en montant à cette hauteur & autant pour en descendre, conformément aux loix naturelles du mouvement uniformement accéléré.

LIV. II.  
CHAP.  
VI.

Suite  
de la ré-  
ponce à  
la qua-  
trième  
obje-  
ction.

Que si l'on dit, comme il y a grande apparence, que la vîtesse de la balle sortant d'une arquebuse rayée est beaucoup plus grande, puis qu'à la longueur de plus de cent cinquante pas elle est presque égale à celle du son qui fait douze cens toises de chemin en sept secondes, c'est à-dire peu moins de cent toises en une demi seconde de tems : il faudra beaucoup moins de déviation de la direction horizontale ; & il suffira que la balle dans le milieu de sa course s'élève seulement à la hauteur perpendiculaire de neuf pouces pour faire quadrer le mouvement de sa pésanteur aux loix de la nature que nous avons expliquées. Auquel cas il est moralement impossible que l'on puisse connoître la différence d'un

T

jet

Suite  
de la ré-  
ponse à  
la qua-  
trième  
obje-  
ction.

jet de cette nature & de celui qui se-  
roit purement horizontal.

Quoi que tout ce que je viens d'ex-  
pliquer fasse assez connoître, que ce  
que l'on dit contre nôtre hypothèse  
au sujet de la composition des deux  
mouvemens, dont l'un est égal & l'au-  
tre est uniformement accéléré, n'est  
pas capable de la détruire; je ne vou-  
drois pas néanmoins m'opiniâtrer à  
soutenir aveuglement, que par ce  
mélange il n'arrive jamais aucune  
mutation ni à l'un ni à l'autre. Car  
bien qu'il fût véritable que la pésan-  
teur ne soit jamais oisive & qu'elle a-  
gisse toujours également sur un corps,  
soit qu'il soit en repos, soit qu'il soit  
emporté de quelque rapidité que ce  
puisse être; il ne s'ensuit pas pour ce-  
la que les espaces qu'elle lui fait par-  
courir sur les perpendiculaires soient  
toujours les mêmes dans les mêmes  
tems, quoi que peut-être ils soient  
toujours dans les mêmes proportions.

Nous voïons dans nôtre air & dans  
le mouvement ordinaire des corps  
qui

qui font autour de nous , qu'un poids tombant parcourt environ trois piés huit lignes & demie au commencement de sa chute dans le tems d'une demi seconde, & environ douze piés deux pouces dix lignes dans celui d'une seconde entière, & ainsi du reste en faisant les espaces proportionels aux quarez de tems. Mais qui peut nous aſſûrer que dans un air beaucoup plus élevé ou plus abaiffé vers le centre de la terre, plus péfant ou plus léger, ou même agité d'une autre manière que le nôtre, un corps en tombant ne parcoure pas un espace plus grand ou moindre que celui de trois piés huit lignes & demi, dans la première demi seconde du tems de sa chute, & que les autres espaces dans la fuite de leur mouvement ſoient entr'eux en proportion des quarez des tems.

Et ſi l'air, comme nous le voyons par les expériences admirables du Barometre, ne pèse jamais plus que lorsqu'il est le plus pur, le plus ſerein

& le moins agité ; comme au contraire il ne paroît jamais plus léger que lors-qu'il est battu des vents ou chargé de nuages épais, lesquels y font apparemment des mutations , qui pour nous être inconnues, ne laissent pas de suspendre en quelque manière l'effet de sa pésanteur naturelle : pourquoi ne pourrions nous pas , par la même raison, présumer que la violente rapidité de l'impression que le feu de la poudre communique à un boulet de Canon , ne puisse au sortir de la pièce interrompre l'effet ordinaire de sa pésanteur ; & faire que les espaces qu'il parcourt sur les perpendiculaires dans le commencement de son mouvement, ne soient pas si grans qu'ils seroient, si le boulet n'avoit point d'autre impression que celle de sa gravité, quoi que ces espaces fussent toujours dans la proportion des tems du mouvement ?

Quoi qu'il en soit néanmoins, cette différence ne sauroit tout au plus faire autre effet sur la ligne de projection  
des



des mobiles, que de les rendre peut-être un peu plus droites au commencement de leur course qu'il ne faudroit pour être exactement paraboliques, ainsi que Galilée l'a fort bien remarqué : sans que pour cet effet les proportions de leurs étenduës suivant la différence de leurs directions, & suivant les nombres qui leur sont assignez dans les tables que nous avons proposées ci-devant, se trouvent aucunement altérées.

LIV. II.  
CHAP.  
VI.

Suite  
de la réponse à  
la quatrième  
objection.

# CHAPITRE VII.

*Réponse à la cinquième objection.*

L'On ne sauroit apporter trop de rigueur à l'examen des propositions de cette partie de Mathématique que l'on appelle pure, c'est-à-dire de celle qui considère la quantité absolument détachée de la matière. Et c'est en ce sens qu'il faut prendre cette belle maxime d'Aristote qui dit, *qu'il est également impertinent d'exiger des démonstrations dans les raisonnemens de*

CHAP.  
VII.

Ré-  
ponse à  
la cin-  
quième  
obje-  
ction.

*l'Orateur & de se rendre aux raisons probables & vrai-semblables du Mathématicien.*

Mais on ne doit pas avoir tant de sévérité pour celles qui sont tirées de la Mathématique que l'on appelle Mixte, dont le sujet est la quantité compliquée & attachée à la matière ; parce qu'étant pour la plupart fondées sur des principes de physique, dans la considération desquels l'esprit humain se confond environné de ténèbres épaisses : il ne faut pas s'étonner s'il ne les débrouille que sur des conjectures, & s'il ne les appuie que de raisons tirées de ses expériences.

Il croit beaucoup faire en ces matières, si les principes qu'il établit n'ont rien d'absurde, s'ils sont conformes aux manières ordinaires d'agir de la nature, c'est-à-dire s'ils sont simples, aisez & débarassez, s'ils servent à expliquer tout ce qui se fait sur ce sujet, & si l'on ne peut pas tirer de leur position, aucune conséquence impertinente ou impossible.

En

En effet l'on n'a rien à reprocher en un système de physique, lors-que toutes ces conditions se rencontrent dans ses hypothèses; & c'est en-suite à la Mathématique à en tirer les conséquences nécessaires, dont les démonstrations ne doivent pas être moins rigoureusement examinées que celles de la Mathématique pure; parce que le même art qui sert à la Géométrie à former ses conclusions sur les premiers principes que la Métaphysique lui fournit, sert aussi à la Mécanique à prouver les propositions par les principes posés sur les hypothèses physiques

LIV. II.  
CHAP.  
VII.

Ré-  
ponse à  
la cin-  
quième  
obje-  
ction.

C'est donc sur ce pié qu'il faut examiner les diverses définitions que l'on donne à l'accélération du mouvement des corps qui tombent, & voir si étant uniforme elle se fait de telle sorte que le mobile acquiert à tous les momens égaux de sa chute des degrés égaux de vitesse suivant le sentiment de Galilée que nous avons posé pour fondement de toute cette doctrine, ou si

Ré-  
ponce à  
la cin-  
quième  
obje-  
ction.

cét accroissement de vélocité se fait à proportion des espaces que le mobile parcourt en tombant, ainsi que d'autres l'ont crû.

## CHAPITRE VIII.

*Raisons de Galilée pour montrer que la vitesse du Corps qui tombe ne s'accroît pas à proportion des espaces.*

Rai-  
sons de  
Galilée  
pour fai-  
re voir  
que la  
vitesse  
du rom-  
be ne  
s'accroît  
pas à  
propor-  
tion des  
espaces.

Galilée assure d'abord que cette dernière opinion enferme une absurdité, & que pour être véritable il faudroit que le mouvement de la chute des corps se fit en un instant. Car posant, comme il dit, que le mobile parcourre en tombant l'espace  $AB$ ; s'il est vrai qu'étant divisé comme en  $C$ : la vitesse acquise au point  $C$  soit à la vitesse acquise au point  $B$ , comme l'espace  $AC$  est à l'espace  $AB$ : l'on pourra dire que l'espace  $AB$  sera parcouru dans le même tems que l'espace  $AC$ ; car toutes les fois que les espaces sont entr'eux comme les vitesses du

mo-

mobile qui les parcourt, les espaces sont parcourus dans les mêmes tems.

Or il ne se peut faire, que la toute AB soit passée dans le même tems que sa partie AC, ailleurs que dans le mouvement qui se fait en un instant; il est donc faux de dire que les vîtesles s'augmentent à proportion des espaces parcourus.

Mais ce raisonnement quoi que vrai, comme on dit, dans la matière est paralogistique dans sa forme. Car cette proposition, par laquelle il dit que les espaces sont parcourus en même tems lors-qu'ils sont entr'eux en même proportion que les vîtesles, est claire d'elle-même dans le mouvement égal & uniforme: mais elle peut être absolument niée dans le mouvement accéléré; nonobstant mêmes toutes les raisons dont Gassendi se sert pour la confirmer, lesquelles quoi que véritables & ingénieuses, n'ôtent pas entièrement l'obscurité de cette position.

L IV. II.  
CHAP.  
VII.

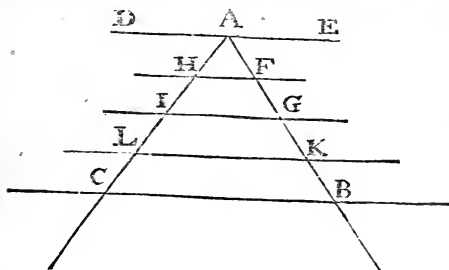
Rai-  
sons de  
Galilée  
pour fai-  
re voir  
que la  
vîtesle  
du corps  
qui tom-  
be ne  
s'accroît  
pas à  
propor-  
tion des  
espaces.

Rai-  
sons de  
Gassendi  
au même  
sujet.

**I**L est bien plus sûr pour détruire cette opinion de se servir des raisonnemens que le même Gassendi rapporte dans ses Epîtres contre le Pere le Cazre Jesuite & contre un certain Michel Varron, qui est apparament le premier qui l'a produite sur la fin du siècle passé, & de montrer qu'il s'ensuit plusieurs absurdités si l'on dit que les vitesses s'augmentent à proportion des espaces.

Car l'on peut premièrement faire voir sur cette hypothèse que le mouvement peut être continuellement accéléré sans qu'il soit aucunement uniforme, ce qui est peu conforme aux loix de la nature. Il ne faut que prendre deux lignes  $AB$  &  $AC$  se rencontrant en  $A$  à tel angle que l'on veut comme  $BAC$ , & une troisième  $DE$ , qui faisant avec les deux autres les angles  $CAD$ ,  $BAE$  égaux, soit entenduë descendre au long des mêmes

mes A B, A C demeurant toujours LIV. II.  
 parallele à elle-même : car si la droite CHAP.  
 A B étant divisée en parties égales IX.  
 comme aux points F, G, K, l'on prend Raisons de  
 ces mêmes parties pour la mesure des Gaslendi  
 espaces parcourus par la chute d'un au même  
 sujet.



mobile ; les lignes F H, G I, c'est-à-dire les portions de la droite D E comprises entre les deux A B, A C, pourront être prises pour mesures des vîtesses acquises, en sorte que F H soit la vîtesse acquise lors-que le mobile a parcouru l'espace A F, G I, celle qu'il a après avoir passé l'espace A G, & ainsi des autres ; & par ce moïen les vîtesses s'augmenteront suivant la proportion des espaces. Maintenant

si nous posons que l'espace  $AF$  ait été parcouru par exemple dans le tems d'une minute d'heure, au bout de laquelle le mobile sans interruption de mouvement employe une heure entière à passer le second espace  $FG$ , & le troisiéme espace  $GK$  en moins d'une seconde, & enfin le quatriéme  $KB$  dans le tems d'un jour entier. Je ne crois pas que l'on puisse dire que le mouvement de ce mobile, qui se fait si inégalement pour le tems dans toute l'étendue de sa chute  $AB$ , est uniforme quoi qu'il soit toujours continu; & cependant il est conforme à la définition, la vitesse en quelque endroit que l'on la prenne étant à la vitesse comme l'espace passé est à l'espace; car la droite  $KL$  qui mesure la vitesse acquise en  $K$ , est toujours à la droite  $BC$  qui mesure celle que le mobile a acquise en  $B$ , comme l'espace  $AK$  est à l'espace  $AB$ ; & la vitesse en  $I$  marquée par  $GI$  est à la vitesse en  $F$  marquée par  $HF$ , comme l'espace  $AG$  est à l'espace  $AF$ , quelque dif-

for-



formité qu'il y puisse avoir dans la suite de ce mouvement.

L'origine de tout le mal vient de ce que dans cette définition du mouvement uniformément accéléré, il n'est point parlé du tems, sans qu'il n'y ait néanmoins on ne peut rien distinguer dans les vîteses, dont à bien parler il fait le caractère essentiel : car lors-qu'elles sont seulement comparées aux espaces, il est naturel de dire que la vîtesse qui passe un grand espace est plus grande que celle qui n'en parcourt qu'un petit, quoi que cette dernière comparée au tems du mouvement puisse être infiniment plus grande que l'autre.

C'est ce qui donne lieu d'inférer comme une conséquence nécessaire de cette position que le mobile doit parcourir un espace infini en un moment : car prenant pour la mesure de la chute d'un mobile un espace comme A B divisé en parties égales aux points C, D, E, F, &c. Si l'on entend que le mobile ait parcouru le

LIV. II.  
CHAP.  
IX.

Rai-  
sons de  
Gassendi  
au même  
sujet.

LIV. II.  
CHAP.  
IX.

Rai-  
sons de  
Gassendi  
au mê-  
me su-  
jet.

premier espace A C dans un certain moment de tems; il est constant que la vitesse en D étant double de la vitesse en C comme l'espace A D est double de l'espace CD, il ne faudra pour passer l'espace CD que la moitié du tems qu'il a falu pour passer AC. Par la même raison la vitesse en E étant double de la vitesse en D comme l'espace C E est double de D E, l'espace D E sera passé dans la moitié du tems qu'il a falu pour passer C D, c'est-à-dire dans le quart de celui de A C. Ainsi E F se passera dans la moitié du tems de D E, c'est-à-dire dans la huitième partie du tems de AC, & FG dans la seizième partie du même premier tems AC : & ainsi du reste à l'infini en continue progression sous-double. Mais toutes ces fractions  $\frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{8} : \frac{1}{16} : \&c.$  ne

com-

composent un moment entier égal au premier que dans l'infini : posant donc l'espace AC ayant été parcouru dans un moment, il s'ensuit que le mobile parcourra un espace infini dans le tems d'un second moment égal au premier.

LIV. II.  
CHAP.  
IX.

Rai-  
sons de  
Gassendi  
au même  
sujet.

Si l'on dit que les vîteses dans chaque espace ne doivent pas être comparées à celle de l'espace immédiatement précédent, mais bien à tous les espaces passés depuis le commencement de sa chute, en sorte que celle du second espace soit double de celle du premier, celle du troisième triple, celle du quatrième quadruple &c. Il sera toujours vrai de dire si le premier espace est parcouru dans un certain tems, qu'il ne faudra que la moitié de ce tems pour passer le second espace où la vitesse est double de celle du premier, & un tiers du même tems pour passer le troisième espace où la vitesse est triple, & un quart pour le quatrième comme la vitesse est quadruple, un cinquième au cinquième,

un

LIV. II.  
CHAP.  
IX.

Rai-  
sons de  
Gassendi  
au même  
sujet.

un sixième au sixième, & ainsi des autres. Desorte qu'ajoutant ces fractions comme  $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}$  qui font un peu plus d'un moment entier de tems égal au premier, pendant que le mobile passe le second, le troisième & le quatrième espace. Et celles-ci  $\frac{1}{5} : \frac{1}{6} : \frac{1}{7} : \frac{1}{8} : \frac{1}{9} : \frac{1}{10} : \frac{1}{11}$  : qui font encore un peu plus d'un moment entier égal au premier, pendant quoi le mobile passe le cinquième, le sixième, le septième, le huitième, le neuvième, le dixième, & l'onzième espace & ainsi des autres; nous pourrons dire que le mobile parcourant un de ces espaces au premier tems, il passera un peu plus de trois espaces suivans au second tems, & peu plus de sept espaces au troisième, & par la même raison plus de vingt espaces au quatrième, plus de cinquante deux au cinquième, plus de huitante quatre au sixième, & ainsi à l'infini suivant la progression de ces nombres  $1 : 3 : 7 : 20 : 52 : 84$  : qui est près de la triple & fort éloignée de celle qui se voit par l'expérience dans la chute des corps.

L'ex-

L'expérience même que le Pere le  
 Cazre rapporte pour confirmer son  
 opinion, la détruit & sert principale-  
 ment à établir celle de Galilée. Pre-  
 nés, dit-il, une balance dont un des  
 bassins soit posé sur une table & l'autre  
 en l'air ; & laissez tomber dans ce-  
 lui-ci une bale de plomb : vous ver-  
 rez que tombant de la hauteur d'un  
 de ses diametres, elle élèvera le dou-  
 ble de son poids mis dans l'autre bas-  
 sin, & le triple si elle tombe de la hau-  
 teur de deux de ses diametres, comme  
 le quadruple si elle tombe de trois fois  
 sa hauteur & ainsi des autres. D'où il  
 s'ensuit que les percussions étant les  
 mêmes que les vîteses, & celles-là  
 étant proportionées aux espaces par-  
 courus par la chute du mobile, les vî-  
 teses seront aussi comme les espaces.

Mais cette expérience est fautive ; &  
 une balle de plomb tombant de la  
 hauteur d'un de ses diametres n'élève-  
 ra pas seulement le double de son poids  
 mais plus de six ou sept fois autant.  
 Et ce qui est de plus remarquable,  
 c'est

LIV. II.  
 CHAP.  
 IX.

Rai-  
 sons de  
 Gassendi  
 au mê-  
 me su-  
 jet.

LIV. II.  
CHAP.  
IX.

Rai-  
sons de  
Gassendi  
au même  
sujet.

c'est qu'ayant déterminé ce que cette balle peut élever tombant d'une certaine hauteur : si l'on veut qu'elle en éleve le double, il faut la faire tomber du quadruple de la même hauteur ; & pour en élever le triple, la hauteur de sa chute doit être neuf fois plus grande que celle de la première, & seize fois plus grande pour élever le quadruple du premier poids & ainsi du reste ; ensorte que les hauteurs soient toujours en raison doublée de celle des poids. Ce qui sert à confirmer la définition de Galilée, ainsi que nous dirons ci-après.

## CHAPITRE X.

CHAP.  
X.

Un  
mobile  
en tom-  
bant a-  
cquiert à  
chaque  
moment  
un nou-  
veau dé-  
gré de vi-  
tesse.

*Un mobile en tombant acquiert à chaque moment un nouveau degré de vitesse.*

**N**Ous pourrions tirer mille autres conséquences absurdes de cette position, aussi-bien que de toutes les autres de la même nature : comme de celles qui veulent que le mobile parcoure des espaces dans les tems égaux en

en raison double ou triple &c. ; dont la fausseté se connoit par l'expérience.

Mais pour ne point nous arrêter plus long-tems inutilement sur cette matière, nous allons expliquer les raisons qui servent à établir la définition de Galilée, & faire voir qu'elle a seule toutes les conditions qui nous ont ci-devant paru nécessaires à un principe de physique : c'est-à-dire qu'elle n'a rien d'absurde ; qu'elle est conforme aux loix ordinaires de la nature, étant simple, uniforme, aisée ; & que tout ce qui arrive au mouvement accéléré des corps qui tombent, peut-être facilement expliqué par son moïen, sans que de sa position l'on puisse tirer aucune conséquence impossible ou impertinente.

Galilée après avoir dit qu'il n'y a rien de plus uniforme, de plus facile ni de plus conforme aux manières ordinaires de la nature, que de dire au sujet de l'accélération du mouvement des corps qui tombent, *qu'un mobile en tombant acquiert en tous les momens*  
égaux

LIV. II.  
CHAP.  
X.

Un  
mobile  
en tom-  
bant a-  
cquierr  
à chaque  
moment  
un nou-  
veau dé-  
gré de  
vitesse.

LIV. II.  
CHAP.  
X.

Un  
mobile  
en tom-  
bant a-  
quier à  
chaque  
moment  
un nou-  
veau dé-  
gré de vi-  
tesse.

*égaux de sa chute, des degrés égaux de vitesse ; & après avoir supposé par forme de pétition ( qui a depuis été démontrée par Torricelli, ) que le mobile en tombant sur des plans diversement inclinez acquiert un même degré de vitesse par tout , où il y a même hauteur perpendiculaire : il fait voir qu'il suit nécessairement de sa définition que les espaces , que le mobile parcourt, sont entr'eux en raison doublée des tems qu'il employe à les parcourir ; enforte que l'espace qu'il parcourt en deux tems, est quadruple de celui qu'il a passé dans le premier tems, & celui qu'il parcourt en trois tems, est neuf fois plus grand que le même. D'où il arrive que ces espaces parcourus dans des tems égaux se suivent, à commencer du point de repos, en continuelle progression des premiers nombres impairs 1 : 3 : 5 : 7 : 9 : &c. Enforte que si le mobile passe un espace au premier tems, il en parcourra trois au second, cinq au troisième, sept au quatrième, neuf au cin-*



LES BOMBES, IV. PART. 453 LIV. II.  
cinquième, & ainsi des autres : ainsi  
que nous l'avons expliqué ci-devant.

---

CHAPITRE XI.

*Prouvé par diverses expériences.*

ET comme par l'expérience que CHAP.  
Galilée propose en-suite de ce XI.  
raisonnement, il paroît que les mou-  
vemens des corps qui tombent, obser-  
vent exactement ces proportions ; il  
conclut hardiment, par une espèce de  
démonstration, que l'on appelle dans  
les écoles *à posteriori*, que sa défini-  
tion est véritable

Prou-  
vé par di-  
verses ex-  
périences.

Voici son expérience Dans une  
pièce de bois de la longueur de dixhuit  
ou vint piés & de la largeur de neuf ou  
dix pouces en un sens & de trois pou-  
ces en l'autre, j'ai, dit-il, fait creu-  
ser dans toute l'étenduë de la pièce un  
canal d'un pouce de l'argeur sur le cô-  
té le plus étroit, que j'ai fait tirer le  
plus droit & le plus uni qu'il a été  
possible, colant même au dedans  
du parchemin tres-fin & bien lissé  
afin

LIV. II.  
CHAP.  
XI.Prou-  
vé par di-  
verses  
expé-  
riences.

afin d'y pouvoir faire librement cou-  
ler une balle de bronze parfaitement  
ronde & polie. Puis élevant cette  
pièce de bois plus ou moins pour lui  
donner diverses inclinations, j'ai re-  
marqué le tems juste que la balle em-  
ploit à descendre tantôt dans toute  
la longueur, tantôt dans la moitié,  
dans le quart, dans d'autres de ses  
différentes parties : & des expériences  
répétées plus de cent fois en tous les  
cas, il s'est toujours trouvé que les  
espaces parcourus en toutes sortes  
d'inclination, étoient entr'eux com-  
me les quarez des tems de leur pas-  
sage ; & que les tems de la chute sui-  
vant les diverses inclinations, étoient  
en raison sous-doublée & réciproque  
de leurs hauteurs perpendiculaires,  
ainsi que nous l'avons dit ci-devant ;  
sans qu'il y soit jamais arrivé la moin-  
dre chose au contraire.

Et pour être parfaitement assuré  
de la mesure du tems : ayant, dit-il,  
fait attacher en haut un grand vais-  
seau plein d'eau avec un tuyau tres-fin  
sou-

soudé au fond, par lequel il découloit un petit filet d'eau, l'on la recevoit avec grand soin dans un verre pendant le passage de la balle : puis la pèsant dans la dernière justesse avec une balance tres-exquise, l'on connoissoit par la différence des poids de l'eau, la différence des tems que la balle employoit à parcourir ses différens espaces. Et cela avec tant de précision que les tems de la chute dans toutes ces observations répétées infinies de fois, ne se sont jamais trouvez avec une différence qui fut sensible dans un même cas.

Nous pouvons joindre à ceci les expériences qui se sont faites depuis Galilée par Gaslendi, par le Pere Mersene & par d'autres; & particulièrement celle que l'on a faite au long d'un mur de quarante huit piés de haut marquées par des lignes bien connoissables à la hauteur premièrement de vint-un piés à commencer du pié de la muraille, puis à celle de quinze piés au-dessus, puis de neuf &

en-

LIV. II.  
CHAP.  
XI.

Prou-  
vé par di-  
verses  
expé-  
riences.

enfin à celle de trois piés: & ayant  
premièrement considéré qu'un corps  
qui tombe passe un espace de trois  
pouces dans le tems d'une demi se-  
conde qui se trouve souvent égal à un  
battement d'artere; l'on a vû par une  
expérience répétée plusieurs fois que  
laissant tomber une balle assez grosse  
de toute cetté hauteur de quarante  
huit piés, si elle se trouvoit précisé-  
ment au droit de la première marque  
en descendant de la hauteur de trois  
piés au premier battement d'artere ou  
d'une pendule de neuf pouces de lon-  
gueur, elle répondoit justement vis à  
vis de la seconde marque en descen-  
dant de la hauteur de neuf piés au se-  
cond battement, & vis à vis de la  
troisième marque en descendant de la  
hauteur de quinze piés au troisième  
battement, & qu'enfin elle touchoit à  
terre après être descenduë de vint-un  
piés au quatrième. D'où vient que  
si nous prenons les premiers 3 piés  
pour le premier espace parcouru dans  
le premier tems; le second espace de

9 piés sera triple du premier au second tems ; le troisiéme de 15 piés au troisiéme tems sera quintuple ; & enfin le quatriéme de 21 piés au quatriéme tems sera septuple ; & ainsi des autres dans la suite des premiers nombres impairs.

LIV. II.  
CHAP.  
XI.  
Prou-  
vé par  
diverses  
expé-  
riences.

Ainsi appliquant par un bout, au bas du diametre perpendiculaire d'un grand cercle décrit sur une muraille, une règle bien droite creusée dans sa longueur, comme celle dont Galilée s'est servi dans son expérience, & haussant l'autre bout en toutes sortes d'inclination au long de la circonférence du cercle ; si on laisse tomber deux balles dans un même tems, l'une de l'extrémité supérieure du même diametre perpendiculaire & l'autre dans le canal de la règle, du point où elle touche la circonférence en quelque angle d'élévation que ce puisse être ; elles se trouveront toutes deux ensemble précisément au même tems à terre.

Ceci se confirme par divers autres effets de la nature qu'il est mal-

LIV. II.  
CHAP.  
XI.

Prou-  
vé par  
diverses  
expé-  
riences.

aisé de bien expliquer par autre voye que par cette supposition. Ce que nous avons dit, par exemple, de l'expérience du P. le Cazre, c'est-à-dire d'une balle de plomb qui, tombant d'une certaine hauteur dans le bassin d'une balance, & élevant un certain poids mis dans l'autre bassin, doit tomber d'une hauteur quadruple de la première si l'on veut qu'elle élève le double du premier poids, & d'une hauteur 9 fois plus grande pour élever le triple, & 16 fois plus grande pour le quadruple, 25 fois pour le quintuple. Et ainsi des autres, en sorte que les hauteurs soient toujours en raison doublée des poids.

Cela, dis-je, ne peut pas être facilement entendu, si l'on ne dit que la différence des poids élevez marque la différence des percussions de la balle tombant dans le bassin: & ces percussions n'étant différentes qu'à proportion des vitesses acquises par la chute du mobile, comme les différentes hauteurs ne sont que les espaces que le

mo-

mobile parcourt pour les aquérir ; il s'ensuit que les espaces parcourus sont entr'eux en raison doublée ou comme les quarez des vîteses aquises, conformément à la définition de Galilée.

LIV. II.  
CHAP.  
XI.

Prou-  
vé par  
diverses  
expé-  
riences.

Celle-ci est encore de la même nature. Prenez un tuyau debout dans lequel il y ait de l'eau qui demeure toujours à une certaine hauteur comme à celle d'un pié, & recevez celle qui en découle pendant un certain tems par un petit trou comme d'une ligne de diametre creusée dans le fond du tuyau, ( qui soit par exemple d'une demi livre d'eau dans le tems de 13 secondes. ) Si vous voulez en avoir deux fois autant, c'est-à-dire une livre qui coule dans le même tems & par le même trou, il faudra que l'eau soit toujours dans le même tuyau à la hauteur de 4 piés, à celle de 9 piés si l'on veut en avoir le triple ou une livre & demie, & de 16 piés pour le quadruple ou pour deux livres, & ainsi du reste, en sorte que les hauteurs de

Prou-  
vé par  
diverses  
expé-  
riences.

l'eau dans le tuyau , soient toujours comme les quarez des poids de l'eau qui s'écoule dans un même tems.

Or comme la différence de la quantité de l'eau qui passe par un même trou en même tems, ne vient que de la différence vîtesse avec laquelle elle s'écoule ; & comme cette différence de vîtesse ne provient que de la quantité de l'eau qui pèse au dessus & qui se fait sentir à proportion de sa hauteur dans le tuyau : il paroît que ces mêmes hauteurs sont entr'elles en raison doublée des vîtesses qu'elles impriment à l'eau de dessous ; lesquelles étant les mêmes que celles que l'eau auroit acquises en tombant des mêmes hauteurs, c'est-à-dire en parcourant les mêmes espaces ; il s'ensuit toujours que les espaces parcourus sont entr'eux en raison doublée des vîtesses.

Si le tuyau étant plein jusqu'au sommet vous laissez écouler toute l'eau par le même trou , vous verrez avec plus de facilité que les espaces que  
l'eau



l'eau parcourt en diminuant dans le tuyau dans des tems égaux se suivent en progression des nombres impairs. Comme si le tuyau étant de trois piés de haut ou de 36 pouces, vous remarquez que l'eau descende de la hauteur d'once pouces en trois battemens d'artere ou d'une pendule, elle descendra précisément de 9 pouces, puis de 7, puis de 5, de 3, & enfin de la dernière hauteur d'un pouce. Et toujours dans le même tems de trois battemens; conformément à la nature du mouvement expliqué par Galinée.

Or pour montrer que l'eau qui pèse dans le tuyau imprime à celle du fond, la même vitesse qu'elle auroit acquise si elle étoit tombée de la hauteur où sa surface supérieure se trouve dans le même tuyau: il ne faut que faire en sorte que l'eau sortant par le fonds puisse rejaillir vers le haut à plomb; car on la verra remonter à la même hauteur de cette surface supérieure, (si l'air & les autres empêchemens de dehors ne lui ôtoient rien

LIV. II.  
CHAP.  
XI.

Prouvé par  
diverses  
expériences.

LIV. II.  
CHAP.  
XI.

Prou-  
vé par  
diverses  
expéri-  
ences.

de sa vitesse,) ainsi qu'elle feroit si c'é-  
toit un corps solide & qui pût-être re-  
flêchi, lequel en tombant de la même  
hauteur auroit aquis un degré de vi-  
tesse capable de le faire remonter au  
lieu d'où il feroit parti.

Attachez deux cordes de même  
longueur & grosseur sur une ligne ho-  
rizontale à un mur comme à la hau-  
teur de trois piés, les faisant soutenir  
sur un appui parallèle au mur à la mê-  
me hauteur ; faites pendre à chacune  
à l'autre bout un poids égal, comme  
d'une livre, qui les tienne l'un &  
l'autre en situation horizontale mol-  
lement, mais également bandées & pa-  
ralleles entr'elles. En-suite les tirant  
toutes deux ensemble horizontale-  
ment par leur milieu, laissez les aller  
en même tems, & vous verrez premié-  
rement qu'elles feront diverses allées  
& venuës horizontales qui seront tou-  
tes dans des tems égaux soit dans le  
commencement ou dans la fin de leur  
mouvement. Cela posé: si vous voulez  
que les vibrations de l'une, comme  
de

de la première, se fassent deux fois plus vite que celles de la seconde, en sorte que celle-là en fasse deux dans le tems que celle-ci n'en fera qu'une; il ne faut que bander la première deux fois plus que la seconde en lui attachant un plus grand poids: & ce poids pour cet effet ne doit pas être seulement de deux livres, c'est-à-dire double du premier poids que nous avons supposé d'une livre, mais bien de quatre livres ou quadruple, & de 9 livres si l'on veut que les vibrations soient triples, de 16 livres si on les veut quadruples, & ainsi des autres; en sorte que les poids soient toujours en raison des quarrés des vitesses des vibrations.

Or comme cette différence de poids pour produire cette différence de vitesse, fait le même effet qu'un même poids qui tomberoit de différentes hauteurs: il paroît que ces hauteurs étant proportionnées au poids seroient toujours entr'elles en raison doublée des vitesses.

LIV. II.  
CHAP.  
XI.

Prouvé par  
diverses  
expériences.

LIV. II.  
CHAP.  
XI.

Prou-  
vé par  
diverses  
expé-  
riences.

Toutes ces expériences font voir cette admirable uniformité de la nature dans ses actions, qui se rencontrent par tout si conforme à la position de Galilée : à quoi nous allons encore ajouter l'expérience des pendules. Attachez en haut des cordes de différentes longueurs avec des poids pendans au bout ; enforte néanmoins que les longueurs soient comme les nombres quarrés 1, 4, 9, 16, &c. Comme si celle de la première est d'un pié, que la seconde soit de 4 piés, la troisième de 9 piés, la quatrième de 16 piés, &c. puis éloignant les poids de leur position de repos, c'est-à-dire de la perpendiculaire, laissez les aller toutes en même tems ; & vous verrez que les vibrations ou allées & venues de la plus petite ou de celle d'un pié, iront quatre fois plus vite que celles de la plus grande de 16 piés, trois fois plus vite que celles de 9 piés, & deux fois plus vite que celle de 4 piés ; c'est-à-dire que dans le tems que la pendule de 16 piés fera une de ses vibrations, celle

celle de 4 piés en fera deux ; & celle d'un pié en fera quatre ; & dans le tems d'une des vibrations de celle de 9 piés , celle d'un pié en fera trois ; & cela dans une justesse admirable , enforte que les nombres des vibrations soient toujours entr'eux en raison doublée des longueurs des cordes.

LIV. II.  
CHAP.  
XI,

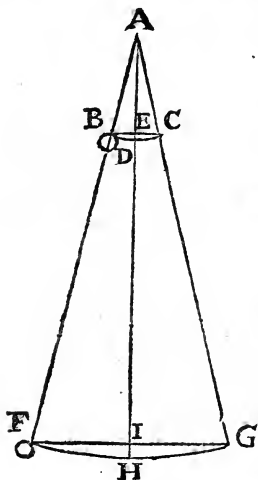
Prou-  
vé par  
diverses  
expé-  
riences.

Pour bien entendre ceci : supposant que la corde AF où pend le poids F soit quadruple de la corde AB où pend le poids B ; l'arc FG sera quadruple de AC & FH de BD ; ainsi la droite IH qui est la hauteur perpendiculaire que le poids F parcourt en descendant de F en H, sera quadruple de la droite ED qui est la hauteur perpendiculaire parcourüe par le poids B descendant de B en D. Maintenant comme on fait par l'expérience que les vibrations de la pendule B sont doubles de celle de la pendule F , le tems du passage de F en H sera égal au tems du passage de B en C , c'est-à-dire double du tems du passage de

LIV. II.  
CHAP.  
XI,

Prou-  
vé par  
diverses  
expé-  
riences.

B en D : mais dans le tems du passa-  
ge de F en H, le mobile F a parcouru  
l'espace perpendiculaire I H quadru-  
ple de l'espace perpendiculaire E D  
que le mobile B a parcouru dans le



tems du passa-  
ge de B en D ;  
il paroît donc  
que les espa-  
ces parcourus  
par les mobi-  
les sont en-  
tr'eux en rai-  
son doublée  
des tems de  
leur passage.

Ces mêmes  
espaces sont  
aussi comme  
les quarrés

des vitesses des mêmes mobiles : car  
le poids F parcourant l'espace F H  
dans le même tems que le poids  
B parcourt l'espace B C ; & l'espace  
F H étant double de l'espace B C ;  
( car il est quadruple de B D : ) il

s'en-

s'en suit que la vitesse du poids F est double de la vitesse du poids B, & qu'elle est par conséquent à la vitesse du poids B en raison sous doublée de l'espace perpendiculaire HI qu'il parcourt; à l'espace perpendiculaire ED parcouru par le poids B.

LIV. II.  
CHAP.  
XI.

Prou-  
vé par  
diverses  
expé-  
riences.

L'on peut encore montrer par une autre expérience que la vitesse du poids F est seulement double de la vitesse du poids B, quoi que la longueur de la corde A F soit quadruple de la longueur A B : il ne faut que mettre une balle en H sur une règle horizontale, en sorte que la balle qui pend en F la puisse frapper bien à plein en tombant de F en H ; & un autre au point D qui puisse recevoir l'impression de la balle B tombant de B en D ; car faisant l'expérience avec soin, & supposé que les balles soient égales partout, on trouvera que la balle en H sera chassée deux fois plus loin que la balle en D & trois fois plus loin si la corde A F étoit neuf fois plus longue, que A B, & quatre fois si elle étoit

LIV. II. seize fois plus longue, & ainsi des  
CHAP. autres.  
XI.

## CHAPITRE XII.

*Raisonnemens de Balian au même sujet*

CHAP. **I**E ne veux pas oublier que Balian  
XII. Sénateur de la République de Gé-  
Rai- nes dans son livre du mouvement, qui  
sonne- a paru dans le même tems que celui de  
mens de Galilée, se sert de l'expérience des pen-  
Balian dules pour démontrer ce que Galilée  
au mê- tire en conséquence de sa définition ;  
me sujet. c'est-à-dire que les espaces parcourus  
par un mobile tombant sont entr'eux  
en raison doublée des tems qu'il em-  
plove à les parcourir.

Pour cet effet il suppose. 1. Que  
l'on peut prendre dans la circonfé-  
rence d'un cercle un arc tellement pe-  
tit qu'il ne sera point différent de sa  
tangente au moins sensiblement, & que  
ce que l'on dira de l'un pourra être en-  
tendu de l'autre sans erreur.

2. Que le mouvement des pendu-  
les dans leur commencement n'est  
point



point différent du commencement de celui des corps qui tombent.

3 Que les tems du passage de deux pendules par des arcs semblables & semblablement posez, sont entr'eux comme les tems de leurs vibrations entières, c'est-à-dire en raison sous-doublée des longueurs de leurs cordes

4. Et qu'enfin une ligne droite étant prise, de quelque grandeur qu'elle soit on peut trouver un cercle tellement grand, que cette droite sera la tangente d'un arc qui n'en sera point sensiblement différent.

Tout ceci s'explique par cette figure, où la droite AC est horizontale & AE perpendiculaire à l'horizon, les pendules sont D & E pendant en A aux deux cordes AD, AE : il dit premièrement que dans le cercle BFD décrit par la pendule D élevée jusqu'à l'horizontale AB, l'on peut prendre un arc tellement petit à commencer du point B, qu'il ne différera point sensiblement de la ligne droite, qui

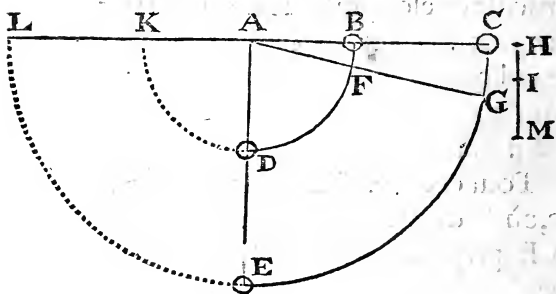
LIV. II.  
CHAP.  
XIII.

Rai-  
sanne-  
ment de  
Balian au  
même  
sujet.

LIV. II.  
CHAP.  
XII.

Rai-  
sonne-  
ment de  
Balian  
au mê-  
me sujet.

au même point B seroit tangente du même arc : & comme cette tangente seroit perpendiculaire à l'horizon ; il s'ensuit en second lieu , que le mouvement du poids de la pendule B par ce petit arc ne sera point différent du mouvement du même poids B qui tomberoit librement par cette tangente. En troisième lieu si l'on me-



ne du point A la droite A F G qui coupant la circonférence B D en F & C E en G , fasse les arcs B F, C G semblables & semblablement posez à l'égard du commencement de la chute : il dit que le tems du passage de la pendule B par l'arc B F est au tems du passage

passage de la pendule C par C Gen même raison que le tems de la vibration entière B D K est à celui de la vibration C E L c'est-à-dire, comme il se voit par l'expérience, en raison sous-doublée de celle de la ligne A D à A E. Soit enfin l'arc B F si petit qu'il ne diffère point sensiblement de sa tangente qui soit H I; il est constant que si l'on fait que le rayon AB soit à un autre comme A C, ainsi que la droite H I est à un autre droite H M de quelque grandeur qu'elle puisse être, l'arc CG dans la circonférence de ce grand cercle ne sera point différent sensiblement de la droite H M qui en sera la tangente, comme H I est la tangente de l'arc B F; & ce que l'on dira de l'arc CG pourra être entendu de la droite H M sans aucune erreur. Cela posé, il fait ce Théorème.

*Les espaces parcourus par un mobile tombant à commencer du point de repos, sont entr'eux comme les quarrés des tems que le mobile employe à les parcourir.*

Soient,

LIV. II.  
CHAP.  
XII.

Raïsonement  
de Balian  
au même  
sujet.

Soient, dit il, deux espaces HI & HM parcourus par un mobile tombant du point de repos H. Je dis que la droite HI est à HM comme le quarré du tems que le mobile employe à passer l'espace HI, est au quarré du tems de son passage par HM. Soit AB demi-diametre d'un cercle tellement grand que l'arc comme BE, dont la tangente au point B sur l'horizontale AC est égale à HI, soit si petit à l'égard de toute la circonférence, qu'il ne soit point différent sensiblement de la perpendiculaire HI; & comme HI est à HM, ainsi le rayon AB soit à un autre comme AC, dont la circonférence sera par conséquent si grande que l'arc CG coupé par la droite AF continuée, sera aussi tellement petit à l'égard de toute sa circonférence qu'il ne différera point sensiblement de sa tangente, laquelle sera égale à HM & perpendiculaire au point C. Il n'y aura donc point, par la seconde supposition, de différence entre le mouvement de la pendule B par l'arc BE & celui du poids tombant

bant librement du point B par la tangente perpendiculaire égale à HI, ni entre le mouvement de la pendule C par l'arc CG & celui du poids tombant de C par la tangente perpendiculaire & égale à HM; & le tems de l'un sera égal au tems de l'autre. Or comme les arcs BF, CG sont semblables & semblablement posés, le tems du passage de B par l'arc BF est par la troisième supposition, au tems du passage de C par l'arc CG, comme le tems de la vibration entière BDK est au tems de la vibration CEL: & ces tems étant par l'expérience en raison sous doublée des longueurs des cordes AB, AC; il s'ensuit que le tems du mobile tombant par la perpendiculaire HI est au tems de son passage par la perpendiculaire HM, en raison sous doublée des longueurs AB, AC. Mais AB par la construction est à AC comme HI est à HM; donc HI est à HM comme le quarré du tems du mobile tombant par HI est au quarré du tems de son passage par HM.

LIV. II.  
CHAP.  
XII.

Rai-  
son-  
ment de  
Balian  
au mê-  
me sujet.

LIV. II.  
CHAP.  
XIII.

## CHAPITRE XIII.

*Raisonnemens de Monsieur Hugens.*Rai-  
son-  
nem-  
ens  
de Mr  
Hugens.

**M**onsieur Hugens dans son livre des horloges à pendules a voulu démontrer ce que Galilée prend pour principe dans sa définition, disant dans sa première proposition de la chute des poids, *qu'en tems égaux il s'accroît au corps qui tombe des parties égales de vitesse.* Et pour le démontrer voici comme il argumente.

Posons qu'un mobile tombant du point A passe au premier tems l'espace A B, & qu'arrivant en B il y ait acquis un degré de vitesse qui lui fasse parcourir, au second tems d'un mouvement égal, un autre espace comme B D. Or nous savons que l'espace qui doit être parcouru au second tems, doit être plus grand que B D, parce que cet espace seroit parcouru cessant même toute action de la pesanteur : mais comme le mobile est porté d'un mouvement composé du mouvement égal par lequel il passeroit l'espace B

D

D & de celui des poids qui tombent  
*par lequel il est nécessaire qu'il*  
*soit porté en bas par l'espace D E*  
*égal à AB ; ajoutant donc à B*  
 D l'espace DE égal à AB, nous  
 savons que le mobile au second  
 tems arrivera en E.

Mais si nous cherchons, dit-  
 il, quelle est la vitesse que le mo-  
 bile doit avoir en E à la fin du  
 second tems, nous trouverons  
 qu'elle est double de celle qu'il  
 avoit en B à la fin du premier.  
 Car nous avons dit qu'il étoit  
 emporté d'un mouvement com-  
 posé du mouvement égal avec  
 la vitesse acquise en B & de celui  
 qui lui vient de sa pesanteur, le-  
 quel au second tems étant absolu-  
 ment le même qu'au premier,  
 doit dans le cours du second tems con-  
 férer au mobile une vitesse égale à cel-  
 le qu'il lui a imprimée dans la fin du  
 premier tems. Partant comme le mo-  
 bile a conservé entièrement la vitesse  
 acquise à la fin du premier tems, il pa-  
 roît

LIV. II.  
 CHAP.  
 XIII.

Raïso-  
 nemens  
 de Mr  
 Hugens,

A

B

D

F

F

G

H

K

roît qu'il a dans la fin du second tems deux fois, c'est-à-dire le double de cette même vîtesse.

Voilà la démonstration dans les mêmes termes que j'ai traduits du latin, dans laquelle sa manière de raisonner a quelque chose qui fait peine; car il ne paroît pas bien que nous sachions, comme il dit, *qu'il est nécessaire que le mobile au second tems soit porté par le mouvement de sa pesanteur au long de l'espace DE égal à l'espace AB qu'il a passé dans le premier tems*; à moins que l'on ne pose que le mouvement des graves est uniforme, & l'on ne voit pas clairement que *ce mouvement qui lui vient de sa pesanteur soit, comme il dit, absolument le même au second tems qu'au premier, ni qu'il doive conférer au mobile dans le cours du second tems une vîtesse égale à celle qui lui a été imprimée à la fin du premier*, si l'on ne suppose le principe de Galilée, c'est-à-dire que le mobile en tombant acquiert dans les tems égaux de sa chute des degrés égaux de vîtesse.

Qui



Qui est pourtant ce qu'il falloit démon-  
trer.

LIV. II.  
CHAP.  
XIII.

Rai-  
sonne-  
mens de  
Mr Hu-  
gens.

Cette défautuosité dont je viens de  
parler n'est que dans la forme du syl-  
logisme, & elle n'ôte rien à la vérité  
de l'hypothèse, sur laquelle il démon-  
tre fort bien, (supposé que la vitesse  
en E au second tems, soit double de  
la vitesse en B, & celle que le mobi-  
le a acquise en G au troisième tems  
triple de la même, ) que les espaces  
B D, E F, G H étant parcourus d'un  
mouvement égal, l'espace E F passé a-  
vec la vitesse en E est double de l'es-  
pace B D passé avec la vitesse en B,  
& l'espace G H passé avec la vitesse en  
G triple du même espace B D, & ain-  
si du reste.

En-suite il fait voir que l'espace  
passé dans un certain tems par un mo-  
bile tombant du point de repos, est  
la moitié de celui qu'il passeroit d'un  
mouvement égal en même tems &  
avec la vitesse acquise au dernier mo-  
ment de sa chute : c'est-à-dire que  
l'espace B D passé d'un mouvement  
égal

LIV. II.  
CHAP.  
XIII.

Rai-  
sonne-  
mens de  
Mr Hu-  
geus.

égal au second tems avec la vîtesse acquise en B, est double de l'espace A B passé dans le premier tems par le mobile tombant du point de repos A. Car comme les espaces parcourus dans les quatre premiers tems égaux sont A B, B E, E G, G K. qui ont entr'eux une certaine proportion ; si nous prenons les doubles des mêmes tems, en sorte que nous ayons pour premier tems, les deux pendant lesquels le mobile a parcouru les deux espaces A B, B E & pour second les deux autres pendant lesquels les deux espaces E G, G K ont été passés. Il faut que les deux espaces A E, E K parcourus dans des tems égaux par le mobile tombant du point de repos A, soient entr'eux comme les espaces A B, B E qui sont aussi passés dans des tems égaux partant du même point de repos A ; & en changeant que B E ou son égal D A soit à A B comme E K à A E, & en divisant DB à A B comme EK moins AE est à AE. Mais E K étant égal à cinq

cinq DB & deux AB, & AE égal à BD & deux AB; EK moins AE sera égal à quatre DB; & partant DB est à AB ou quatre DB à quatre AB, comme quatre DB est à DB & deux AB; donc DB est égal à deux AB.

D'où il s'ensuit que les espaces parcourus dans des tems égaux à commencer du point de repos, sont entr'eux comme les quarez des tems de leur chute ou comme les quarez des vîteses acquises. Car puis-que les espaces AB, BE, EG, GK passez dans des tems égaux, se surpassent l'un l'autre d'un même excez qui est égal à BD; il paroît que BD étant double de AB, l'espace BE sera triple du même; & EF étant double de BD, EG sera quintuple de AB; ainsi GH étant triple de BD, GK sera septuple du même AB & ainsi des autres dans la suite des premiers nombres impairs 1 : 3 : 5 : 7 : 9 : &c. qui sont les différences des premiers quarez.

Suite  
de la ré-  
ponse à  
la cin-  
quième  
obje-  
ction.

L'On pourroit maintenant dire a-  
vec quelque raison que tout ce  
que nous venons d'expliquer pour éta-  
blir nôtre hypothèse sur la nature du  
mouvement des corps qui tombent  
suivant le sentiment de Galilée, peut  
également convenir à celle qui veut  
que l'accroissement de vitesse se fasse  
suivant la progression des sinus ver-  
ses, supposé, comme il a été dit ci-de-  
vant, que ces deux opinions soient de  
telle nature qu'elles ne puissent être  
convaincuës de faux par les expérien-  
ces que nous pouvons faire. Et qu'ainsi  
la difficulté en la cinquième objection  
reste toujourns en son entier à cet é-  
gard, par laquelle il est dit que suivant  
cette dernière hypothèse, la figure pa-  
rabolique que l'on donne à la ligne  
de la projection des corps se trouve-  
roit fort altérée & toutes les consé-  
quences que l'on en tire.

Mais il est tres facile d'y répondre,  
en niant seulement la conséquence de  
la

la proposition: car quand il seroit même véritable que l'accroissement de vitesse dans le mouvement des corps qui tombent, se fit suivant la proportion des sinus versés; la figure parabolique que l'on donne à la ligne de la projection ne s'en trouveroit pas pour cela si fort altérée, que l'on n'en pût tirer les mêmes conséquences; puisque la courbe décrite par le mobile tombant suivant cette hypothèse, seroit tellement conforme dans son commencement à nôtre ligne parabolique, que tout ce que nous avons dit, de celle-ci pourroit être hardiment prononcé de l'autre, sans craindre de faire aucune erreur qui pût devenir sensible dans des projections vint fois plus grandes que celles qui se font ordinairement parmi nous. Outre que cette opinion des sinus versés, quelque ingénieuse qu'elle soit, est suspecte par ses conséquences: parce que ce qui suit de cette hypothèse, (supposant le mouvement de la terre,) qu'un mobile en tombant arriveroit au centre en six heures de

LIV. II.  
CHAP.  
XIV.

Suite  
de la réponse à  
la cinquième  
objection.

X

tems,

LIV. II.  
CHAP.  
XIV.

Suite  
de la ré-  
ponse à  
la cin-  
quième  
obje-  
ction.

tems, se trouve peu conforme aux sui-  
tes de nos expériences par lesquelles  
nous savons qu'un corps qui tombe,  
parcourt peu plus de deux toises dans  
le tems d'une seconde. Car si nous  
faisons que comme le sinus verse d'u-  
ne seconde est au sinus total, ainsi l'es-  
pace de deux toises parcourus pendant  
une seconde est à un quatrième pro-  
portionel, c'est-à-dire au demi-diamè-  
tre de la terre; nous trouverons plus  
de vint-quatre millions de toises pour  
la longueur de ce demi-diamètre, que  
nous savons néanmoins n'en avoir  
pas plus de trois millions.

# CHAPITRE XV.

*Réponse à la sixième objection.*

CHAP.  
XV.

Ré-  
ponse à  
la sixiè-  
me obje-  
ction.

**N**OUS pouvons répondre à la si-  
xième objection ce que dit Gali-  
lée & que nous avons expliqué ci-de-  
vant dans la réponse à la quatrième  
objection; c'est-à-dire en exceptant  
des règles de nôtre Théorie les effets  
prodigieux que le feu de la poudre  
im-

imprime aux balles d'artillerie, dont la vitesse est, dit-il, surnaturelle; & avoiant comme lui, que la ligne que décrit la balle d'un mousquet est, au moins dans son commencement, plus droite qu'il ne faut pour être parabolique, & qu'elle ne seroit en effet si l'impression n'étoit pas si violente: ce qui peut être cause que la portée de but en blanc & celles qui se font avec peu d'élévation sur l'horizontale, sont plus grandes qu'elles ne sont marquées dans les tables. Mais comme cela n'arrive pas aux autres projections, & principalement à celles des Bombes, qui ne sont pas poussées avec tant de violence, & dont les tirs les plus ordinaires se font sur des angles de plus grande élévation: nous n'avons pas de sujet de nous plaindre de ces petites exceptions, qui ne nuisent point du tout au dessein principal de cet Ouvrage, lequel n'est fait que pour faciliter les pratiques de l'artillerie qui sont communes & ordinaires parmi nous.

LIV. II.  
CHAP.  
XV.

Ré-  
ponce à  
la fixié-  
me ob-  
jection.

LIV. II.  
CHAP.  
XV.

Ré-  
ponce à  
la fixié-  
me ob-  
jection.

Ce n'est pas que l'expérience rapportée dans cette objection ne soit suspecte, c'est-à-dire celle d'un moufquet qui, chassant à toute volée à la longueur de 360 toises, porté de but en blanc à celle de 100 toises; ce qui ne devroit arriver suivant les tables qu'à l'élévation de huit degrés. Car dans toutes ces sortes d'expériences, il y a un concours de tant de causes différentes qui peuvent altérer la précision des effets, que le plus souvent ce que l'on impute à l'une dépend de l'autre, & même de celle à laquelle on n'aura point fait de réflexion.

Ainsi l'on peut dire dans celle-ci par exemple, que la plus grande portée que l'on détermine à 360 to., est ici beaucoup moindre qu'elle ne devroit être, parce qu'ayant plus de chemin à faire que les autres, elle trouve plus d'obstacle par la résistance du milieu: & que la violence de l'agitation de l'air, que celle de la balle lui imprime en passant, suspend peut-être en quelque manière l'effet de sa pesanteur & lui



lui donne par ce moïen plus d'étendue de portée dans les petites élévations.

Outre que ces tirs de but en blanc, quelque précaution que l'on prenne, s'élèvent toujours au dessus du niveau du but, tant parce que mirant au long du mousquet qui est plus fort de métal à la culasse qu'à la bouche, la direction de l'ame se trouve élevée de quelques degrés, que par la raison que nous avons apportée ci-devant de l'action de la poudre qui, s'enflammant successivement sous la balle, la fait hausser considérablement. Desorte que si l'on assemble toutes ces causes & d'autres encore que nous ne conoissions pas: ne peut-on pas dire que pensant tirer horizontalement, il arrive souvent que la balle est portée notablement en haut, & même jusqu'à l'élévation de sept ou huit degrés, dont il n'est pas si facile de reconoître la différence, & bien moins encore de distinguer la cause à laquelle on la doit imputer.

Ré-  
ponce à  
la sixiè-  
me obje-  
ction.

Ce qui fait que je crois que l'on peut assurer avec beaucoup d'apparence

LIV. II.  
CHAP.  
XV.

Ré-  
ponce à  
la sixiè-  
me obje-  
ction.

de raison que la nature agissant tou-  
jours d'une manière, les coups de  
mousquet dans leurs portées ne for-  
tent point des règles qu'elle a établies  
pour tous les autres corps jettez ; &  
que lors-qu'il se trouve de la différen-  
ce dans l'exécution, cela vient ordi-  
nairement du faux jugement que  
nous faisons de la direction de la bal-  
le & de l'estime de sa véritable por-  
tée.

Confirmation de la même doctrine  
ne par les expériences.

## CHAPITRE PREMIER.

*Explication d'une expérience du Pere Mersene.* CHAP. I.

**V**Oici l'expérience d'un jet d'eau tirée des Hydrauliques du P. Mersene, par laquelle voulant montrer que la résistance de l'air altère beaucoup la ligne parabolique que l'eau devroit décrire par sa chute, il dit qu'ayant marqué sur une muraille une ligne droite à plomb comme A B divisée en parties égales aux points 1, 2, 3, 4, &c., le jet d'eau ADC partant du point A & razant la même muraille, s'éloignoit dans la distance de la première de ces parties à la longueur horizontale de dixsept pouces; à la seconde de vint-quatre pouces; à la troisième de trente; à la quatrième de trente cinq; à la cinquième

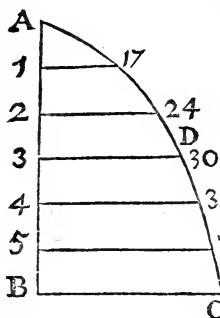
Explication d'une expérience du Pere Mersene par un jet d'eau.

LIV. III.  
CHAP.  
I.

Explication  
d'une  
expérience du  
Pere  
Mersene  
par un  
jet d'eau.

de trente neuf : à la sixième de quarante deux : dont les quarez, dit-il, ne sont pas entr'eux comme les parties de la droite A B qui leur répondent, ainsi qu'ils devroient être, si ces nombres étoient les ordonnées d'une ligne parabolique A D C dont l'axe est la droite A B & le sommet au point A.

En-suite il s'embarasse dans des réflexions de Géometrie, assez subtiles, mais qui ne font rien au sujet, sans



|   |    |    |    |    |
|---|----|----|----|----|
| 1 | 17 | 17 | 17 | 32 |
| 2 | 24 | 24 | 1  | 6  |
| 3 | 30 | 29 | 6  | 30 |
| 4 | 35 | 34 |    | 8  |
| 5 | 39 | 38 |    | 9  |
| 6 | 42 | 41 | 8  | 5  |

s'appercevoir  
que ces nombres ne sont pas  
tant éloignez  
qu'il dit de nô-

tre hypothèse. Car si l'on suppose qu'à la première partie la première ordonnée soit, comme il dit, de dixsept pouces ; la seconde suivant nôtre  
Théo-

Théorie doit être de vingt-quatre pouces & une ligne ; la troisième de vingt-neuf pouces six lignes ; la quatrième de trente quatre pouces ; la cinquième de trente huit , & la sixième de quarante & un pouces huit lignes. Où l'on voit que les différences des nombres qu'il pose & de ceux que demande la ligne parabolique sont si petites, qu'il y a raison de douter de la justesse de son calcul ; outre qu'il y a peu d'apparence que les ordonnées se trouvent si justes en nombres entiers & même plus grans sur la fin qu'ils ne devroient être , quand même il n'y auroit point de résistance dans l'air , laquelle devroit bien plutôt en diminuer l'étendue que l'augmenter. Ce qui me fait croire que le jet d'eau s'élargissant , comme il dit , en forme d'ellipse à mesure qu'il s'éloigne du point de sa chute , il a pris pour la fin de ses ordonnées l'étendue des gouttes les plus éloignées au lieu de celle du milieu. Si l'on pose que la troisième des ordonnées soit justement de trente pouces,

LIV. III.  
CHAP.  
I.

Explication  
d'une  
expérience du  
Pere  
Merfene  
par un  
jet d'eau.

les différences n'en seront pas si grandes ; comme l'on voit par les nombres de la table dont les premiers sont ceux de l'expérience du Pere Merfene ; les seconds sont ceux qui devroient être , supposé que la première ordonnée fut de dixsept pouces ; & les derniers , supposé que la troisième ordonnée fut de trente pouces. Et partout on voit que le jet d'eau suit assez exactement la ligne de nôtre hypothèse, c'est-à-dire la parabolique.

## CHAPITRE II.

*Première expérience faite à l'Académie Royale  
des Sciences par Monsieur Mariote.*

CHAP.  
II.

Première  
expérience  
faite à l'A-  
cadémie  
Royale  
des Sci-  
ences par  
Mr. Ma-  
riote.

**M**ONsieur Mariote après avoir fait diverses expériences particulières des jets d'eau, en a fait voir une dans l'Académie Royale des Sciences qui convient précisément à la Théorie de Galilée. Ayant fait élever un tonneau plein d'eau à la hauteur de sept ou huit piés , percé dans le fond par un tuyau perpendiculaire de

de six piés de long & d'environ deux  
pouces de diametre, avec un ajutoir  
ou robinet perpendiculaire & un au-  
tre incliné suivant l'angle de 45 dé-  
grez : il a fait voir que l'eau, sortant  
par deux robinets en même tems, fai-  
soit deux jets dont le perpendiculaire  
étoit toujours moindre de quelques  
pouces que la hauteur de l'eau conte-  
nuë dans le tonneau ; & l'autre s'éten-  
doit au loin, enforte néanmoins que  
sa longueur horizontale étoit tou-  
jours double de la hauteur du jet per-  
pendiculaire ; l'un & l'autre dimi-  
nuant avec une admirable uniformi-  
té à mesure que l'eau du tonneau se  
vuidoit, & conservant toujours cette  
proportion double du grand jet à la  
hauteur du petit.

Pre-  
mière  
expéri-  
ence fai-  
te à l'A-  
cadémie  
Royale  
des Sci-  
ences par  
Mr Ma-  
riote.

Les autres expériences qui se sont  
faites & répétées plusieurs fois dans  
la même Académie, & même à l'Ob-  
servatoire en présence de Monsei-  
gneur le Dauphin, ne permettent  
pas que l'on puisse douter davantage  
de la vérité de nôtre supposition, à la-

quelle elles se sont trouvés conformes en tous les cas avec autant de précision & de justesse que l'on sauroit attendre des expériences humaines.

## CHAPITRE III.

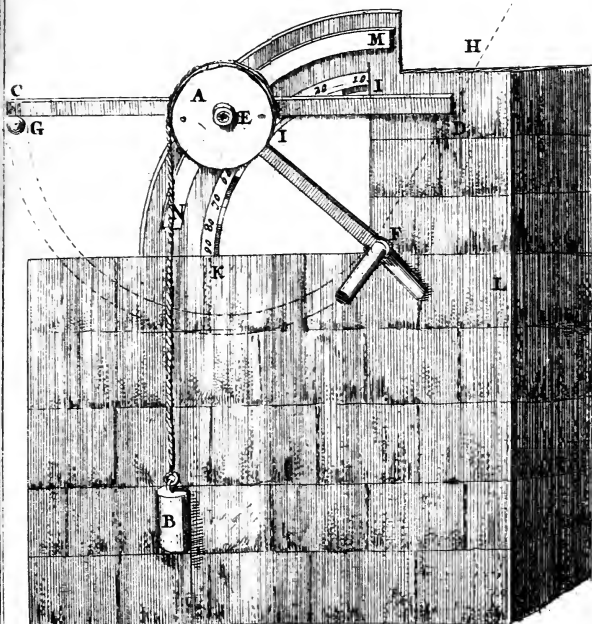
*Seconde expérience faite à l'Académie Royale des Sciences, par la machine de Monsieur Perrault.*

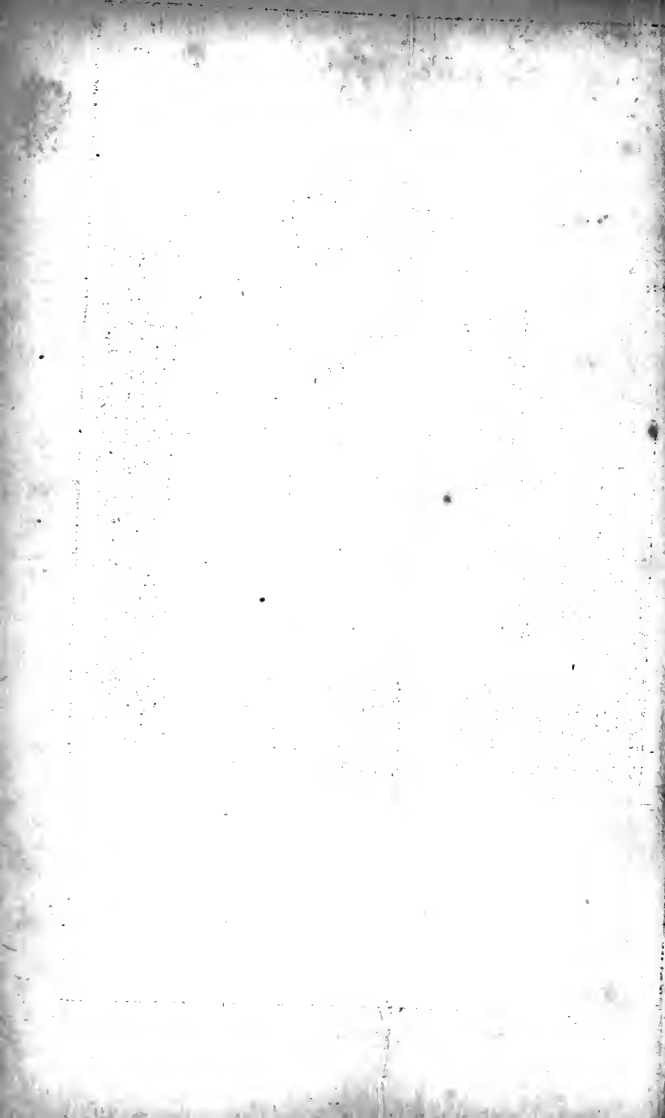
Seconde  
de expé-  
rience  
faite à  
l'Acadé-  
mie Ro-  
yale des  
Sciences  
par la  
Machine  
de Mr.  
Perrault.

**E**T sans parler de celles que j'ai faites en mon particulier avec de l'eau, avec un arc, une arbaletre, un arc à jaler, un trébuchet fait à l'imitation des Balistes des Anciens; & même avec un pistolet chargé toujours également & de même poudre, (quoi qu'elles ayent toutes réussi assez juste; ) j'expliquerai seulement celles-ci qui ont été faites publiquement, dont la première est par le moyen de cette Machine de l'invention de Mr. Perrault.

C'est une roüe ou tambour A, autour duquel est roulée la corde qui porte le poid B, la barre C D passe der-







derrière le tambour & elle est attachée à son pivot E, en sorte que le poids B, faisant par sa chute tourner le tambour donne aussi le mouvement à la barre, qui décrivant l'arc de cercle C F & frappant contre un autre pivot solide & bien attaché au point F, fait partir la balle G, avec la vitesse que le mouvement du poids lui imprime suivant la direction de la droite F H qui touche l'arc C F au point F. Ce pivot au point F est posé au centre du quart de cercle I K situé verticalement & divisé en 90 degrés à commencer du haut de la perpendiculaire I F; & le tambour A peut tourner dans le creux M N sur le même centre F par le moien de la barre ou rayon A F, afin de pouvoir donner tel degré d'élévation que l'on veut au jet de la balle : car posant la barre A F sur le degré proposé du quart de cercle, & attachant le tambour en cette situation par le moien d'une viz & d'un écrouë qui est derrière la rouë, en sorte qu'il y soit ferme; l'an-

LIV. III.  
CHAP.  
III.

Troisième  
expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par le moyen du vif argent.

gle LFH de la direction de la balle est le même que l'angle IFA de l'inclina-  
tion de la Machine. Par ce moien  
amenant le bout D de la barre CD  
au-dessus du pivot F, le poids tom-  
bant lui fera faire un demi tour en  
toutes sortes de situation: & partant  
l'impression sera toujours la même;  
& la différence des portées ne viendra  
que de la différence des angles de po-  
sition. L'on pourroit lui faire faire  
un tour entier & augmenter par ce  
moyen la force de l'impression, en  
ôtant la queüë AD de la barre CD,  
& amenant le point C au-dessus du  
point F.

Cette réflexion m'ayant fait dire à  
Mr Perrault que la machine, étant  
assez forte, pourroit avoir son utilité  
à jetter des Grenades & des petites  
Bombes dans les logemens des enne-  
mis, lors-qu'on en est assez près; il  
m'a donné le dessein d'une autre ma-  
chine qu'il a faite à l'imitation des Ca-  
tapultes antiques, laquelle peut être  
de tres grand usage & dont je parle-  
rai ci-après.

## CHAPITRE IV.

*Troisième expérience faite à l'Académie  
Royale des Sciences par le moyen du  
vif argent.*

LIV. III.  
CHAP.

III.  
Troisième  
expérience fai-  
te à l'A-  
cadémie  
Royale  
des Sci-  
ences par  
le moyen  
du vif  
argent

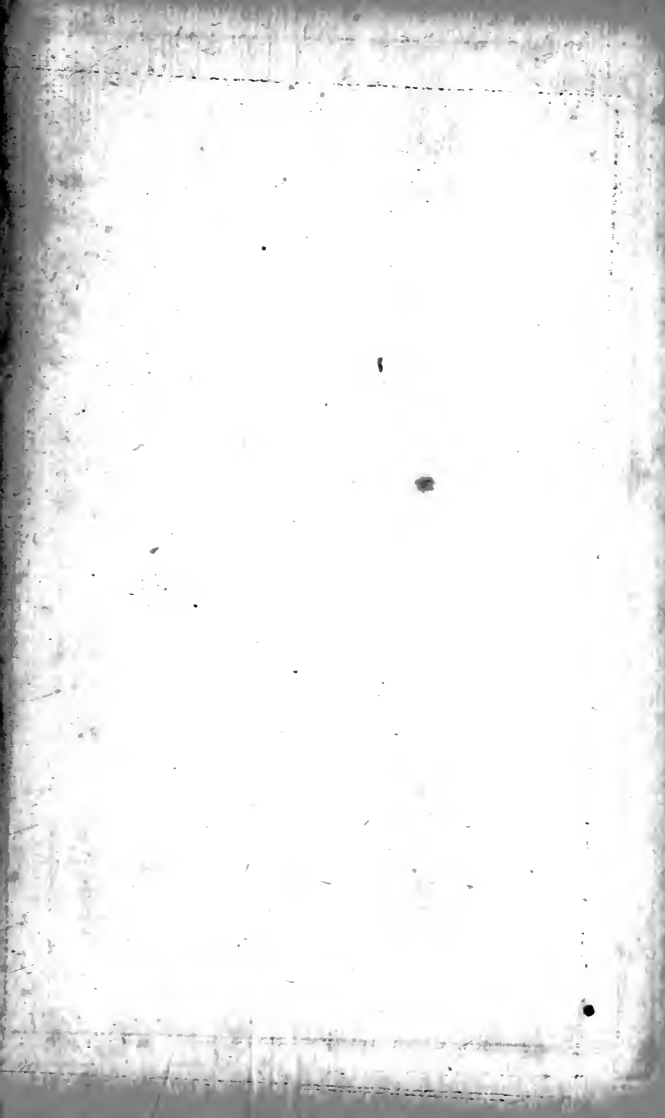
**L**A difficulté que j'avois trouvée dans les expériences que j'ai faites avec de l'eau, qui s'épanouïit sur la fin du jet en forme d'ellipse, & se résout même en gouttes menuës lorsque le jet est un peu long; me fit penser qu'une liqueur sur qui l'air ne pourroit point agir avec tant de force, seroit plus propre à nous déterminer: & faisant réflexion que le vif argent est quatorze fois plus pésant que l'eau; je proposai d'en faire l'expérience à Messieurs de l'Académie Royale des sciences, qui donnerent ordre à Mr Rômer de l'exécuter; ce qu'il a fait par le moyen de cette machine.

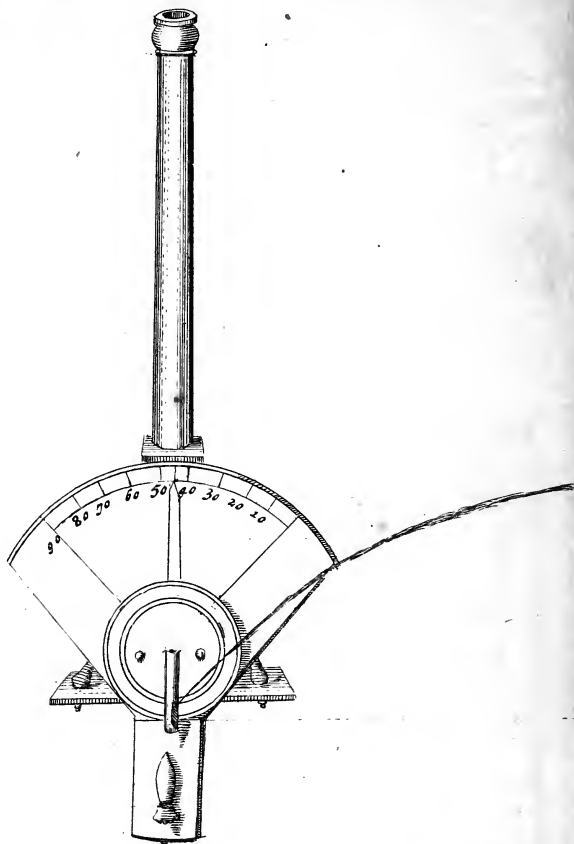
C'est un tuyau de bois de vint six pouces de hauteur & de huit ou neuf lignes de diametre, fermé par le bout inférieur au moyen d'un robinet attaché au tuyau avec une peau d'an-

LIV. III.  
CHAP.  
IV.

Troisième  
expérience  
faite à l'A-  
cadémie  
Royale  
des Sci-  
ences par  
le moyen  
du vif  
argent.

d'anguille pour pouvoir sûrement contenir le vif argent & se mouvoir en toutes sortes de position. L'œil du robinet n'est que d'une demi-ligne, & l'on peut lui donner tel angle d'élévation que l'on veut par le moyen d'un quart de cercle situé verticalement au long du tuyau. Tout cet appareil est posé sur un auget horizontal bien poli & divisé dans sa longueur, qui est de quatre à cinq piés, en pouces, lignes & demi lignes avec beaucoup de justesse, afin de pouvoir juger précisément de la longueur des portées par la chute du vif argent dans cet auget : & pour plus de précaution, l'on a mis de bout une carte teinte en noir sur le même auget dans toute sa longueur, & de la hauteur du tuyau, sur laquelle on a marqué, avec tout le soin possible, le cours entier des paraboles du vif argent en plusieurs élévations différentes, pendant que dans son passage il razoit la carte de fort près. Sur cette préparation le tuyau ayant été







été rempli à la hauteur de vint quatre  
pouces & deux lignes avec du vif ar-  
gent bien épuré : l'on a premièrement  
remarqué que lors-que le robin est  
mis perpendiculairement vers le haut,  
le vif argent ne rejallit qu'à la hau-  
teur de vint-deux pouces trois lignes ;  
quoi que suivant l'inclination de  
deux dégr. & demi , il monte à celle de  
vint-deux pouces huit lignes & demi.  
D'où l'on peut nécessairement infé-  
rer, que le

LIV III.  
CHAP.  
IV.

Troisième  
expérience  
faite à  
l'Académie  
Royale des  
Sciences  
par le  
moyen  
du vif  
argent.



jet perpen-  
diculaire A  
B ne monte  
pas à la hau-  
teur qu'il  
devroit A  
D, tant à  
cause de la  
résistance  
de l'air, ain-  
si que nous  
l'avons dit  
ci-devant,

que parce que les gouttes en B, tom-  
bant

LIV. III.  
CHAP.  
I V.

Troisième  
expérience  
faite à  
l'Académie  
Royale des  
Sciences  
par le  
moyen  
du vif  
argent.

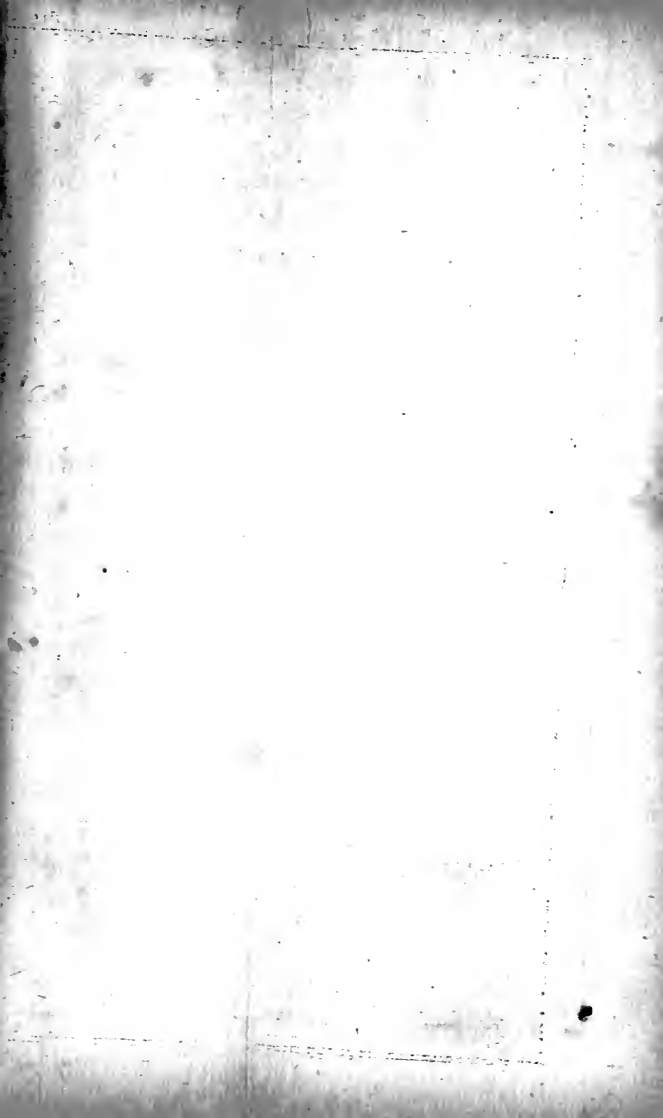
bant sur celles qui viennent après, les arrêtent & interrompent la force de leur impression. Ce qui n'arrive point au jet incliné A C E où les gouttes en C ne retombent point vers A, & n'altèrent rien à l'impression de celles qui les suivent. Ce qui fait que l'on peut sûrement prendre pour la véritable hauteur du jet perpendiculaire celle de vint-deux pouces neuf lignes.

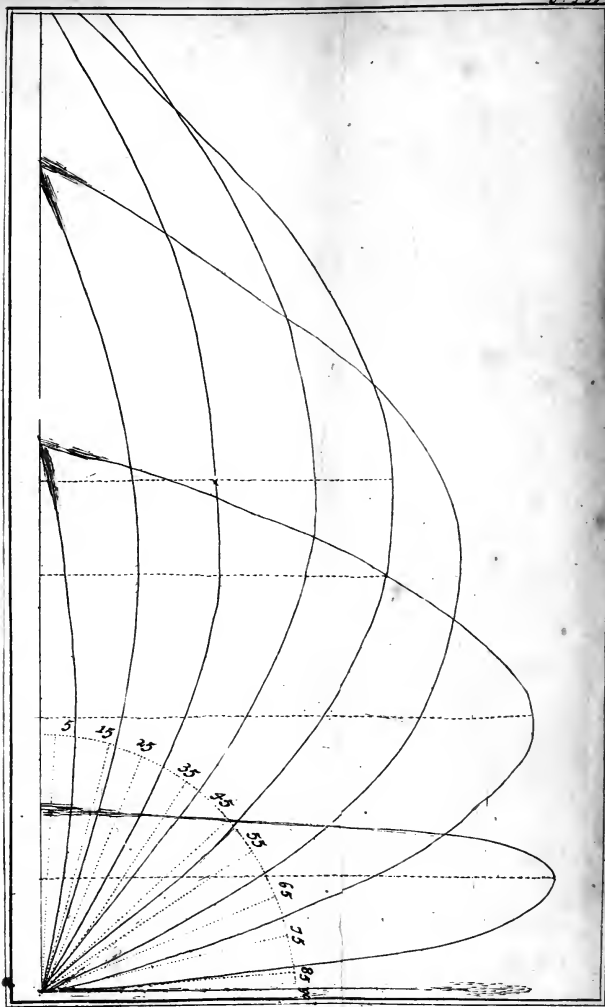
Voici les longueurs & les hauteurs des portées du vif argent en diverses élévations, tirées de la Table noire sur laquelle les paraboles entières ont été décrites, & vérifiées par la répétition de plusieurs expériences tant à l'Académie Royale des Sciences qu'à l'Observatoire, & même en présence de MONSIEUR LE DAUPHIN.

La hauteur du vif argent dans le tuyau au dessus de l'œil du robinet : 24 pouces 2 lignes.

Le diamètre de l'œil peu moins de 1 l.

La hauteur du jet perpendiculaire 22 p. 9 l.





T A B L E

AMPLITUDES. HAUTEURS.

dég. vrayes selon le calc. vrayes selon le calc.

| O  | Pouc. lign.        | Pouc. lign.        | Pouc. lig.         | Pouc. lig.         |
|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 5  | 7 10               | 7 10 $\frac{1}{2}$ | 0 2                | 0 2                |
| 15 | 22 7               | 22 9               | 1 8                | 1 6 $\frac{1}{2}$  |
| 25 | 34 7 $\frac{1}{2}$ | 34 10              | 4 2                | 4 1                |
| 35 | 42 4 $\frac{1}{2}$ | 42 9               | 7 6                | 7 6                |
| 45 | 45 3 $\frac{1}{2}$ | 45 6               | 11 5               | 11 4 $\frac{1}{2}$ |
| 55 | 42 9               | 42 9               | 15 3 $\frac{1}{2}$ | 15 3               |
| 65 | 34 10              | 34 10              | 18 8 $\frac{1}{2}$ | 18 8               |
| 75 | 23 0               | 22 9               | 21 2 $\frac{1}{2}$ | 21 2 $\frac{1}{2}$ |
| 85 | 7 10               | 7 10 $\frac{1}{2}$ | 22 6 $\frac{1}{2}$ | 22 7               |
| 90 | 0                  | 0                  | 22 9               | 22 9               |

LIV. III.  
CHAP.  
IV.

Troisième  
expérience  
faite à l'A-  
cadémie  
Royale  
des Sci-  
ences  
par le  
moïen  
du vif  
argent.

La première colonne de cette Ta-  
ble marque les dégrez des différentes  
élevations sur lesquels les expérien-  
ces ont été faites. La seconde mar-  
que en pouces & lignes, l'étenduë des  
jets du vif argent mefurez sur la ligne  
horizontale. La troisiéme marque  
les amplitudes des paraboles suivant  
les

LIV. III.  
CHAP.  
IV.

Troisième  
expérience  
faite à  
l'Académie  
Royale des  
Sciences  
par le  
moyen  
du vif  
argent.

les mêmes élévations calculées sur les tables de Galilée & de Torricelli. La quatrième est celle des hauteurs perpendiculaires des mêmes jets du vif argent, mesurées sur la carte noire; sur laquelle ils ont été soigneusement dessinés dans tout leur cours. La cinquième marque les hauteurs des mêmes jets calculées sur les Tables de Galilée & de Torricelli.

Où l'on voit en général que l'expérience est tellement conforme à la Théorie, que leur plus grande différence ne monte pas à la centième partie de l'étendue du jet; ce qui doit être bien plutôt attribué à quelqu'une des causes que nous avons expliquées ci-devant, qu'à aucun défaut de l'hypothèse. D'autant plus que les portées qui se font autour du sixième point de l'équerre, c'est-à-dire aux environs de l'angle demi-droit, qui sont les plus ordinaires pour les jets des Bombes, sont les plus justes & les plus proches de celles que l'on trouve par le calcul.

Il est à remarquer dans cette expérience que le filet du vif argent , mêmes aux jets les plus obliques & les plus inclinez à l'horizon, est plus gros quatre fois que n'est l'œil du robinet d'où il sort; ce qui vient, peut être, de la disposition des parties qui composent le vif argent , qui dans leur sortie par l'œil du robinet se trouvent comprimées & resserrées par le poids du liquide qui est au-dessus dans le tuyau & se remettent dans leur état ordinaire aussi-tôt qu'elles ont la liberté de le faire dans l'air ; d'où l'on pourroit inférer en quelque manière , que ces parties font une espèce de ressort entr'elles. Mais ce n'est pas ici le lieu de discourir à fond sur cette matière.

LIV. III.  
CHAP.  
IV.

Troisième  
expérience  
faite à l'Académie  
Royale des Sciences  
par le  
moïen  
du vif  
argent.

## LIV. IV. LIVRE QUATRIEME.

Résolution des difficultez de la pratique du jet des Bombes.

Résolution  
des difficultés  
de la pratique du  
jet des  
Bombes.



Près avoir examiné les raisons qui sembloient devoir entièrement détruire la Théorie que nous avons supposée dans tout ce discours, il ne reste plus maintenant qu'à résoudre les difficultés que l'on peut proposer contre la pratique, à laquelle on donne ordinairement ou trop ou trop peu.

## CHAP.

## CHAPITRE PREMIER

I.

Pre-  
mière  
obje-  
ction. La  
Théorie  
n'est  
point  
nécessai-  
re pour  
les prati-  
ques de  
la guer-  
re.

*Première objection. La Théorie n'est point nécessaire pour les pratiques de la guerre.*

**C**Ar la plus grande partie de ceux qui font profession de porter les armes, mêmes des Officiers & particulièrement de ceux qui n'ont pas été cultivez par l'étude des lettres dans leur jeunesse, disent hardiment qu'il ne faut que de la pratique pour la guer-



guerre; que c'est un métier qui ne s'apprend point dans les livres ni par les règles; que ceux qui n'ont que de la Théorie se trouvent bien empêchez à prendre leur parti dans l'action; & que cét appareil d'étude de Mathématique ne sert le plus souvent qu'à donner de la présomption. Que sur le fait dont il s'agit, la haute capacité de ceux qui servent maintenant le Roi dans l'Artillerie, & même dans l'Art de jetter les Bombes, qui se trouve présentement au plus haut point où l'on sauroit humainement parvenir, marque suffisamment qu'il est fort inutile de vouloir les charger de cette quantité de préceptes & d'opérations de Mathématique si difficiles à comprendre & à mettre en œuvre; puisque par le bon sens & par la seule pratique, ils exécutent ponctuellement ce qui leur peut être proposé sur cette matière, sans être assujettis à aucunes règles ni de mesures ni de calcul.

LIV. IV.  
CHAP.  
I.

Pre-  
mière  
obje-  
ction. La  
Théorie  
n'est  
point  
née flai-  
re pour  
les rati-  
ques de  
la guer-  
re.

CHA-

LIV. IV.  
CHAP.  
II.

## CHAPITRE II.

*Seconde objection. Les inégalités de la matière empêchent dans la pratique les effets des règles de la Théorie.*

Seconde objection Les inégalités de la matière empêchent dans la pratique les effets des règles de la Théorie.

**L**Es autres au contraires assûrent, que bien que ces règles puissent avoir quelque justesse dans la Théorie, elles ne sauroient néanmoins réussir dans la pratique, à cause des irrégularitez & des inégalitez qui se trouvent dans la matière sur laquelle elles doivent être appliquées, & qui ne peut jamais être si heureusement maniée qu'elle ne corrompe presque toujours les effets des opérations les mieux conçûes & les plus soigneusement exécutées.

En effet il est, disent ils, mal-aisé de comprendre que l'impression, que la Bombe ou le boulet reçoit par le feu du mortier ou du Canon dans chaque coup, soit toujours la même, comme il faut néanmoins qu'elle soit nécessairement pour tirer quelque utilité de la doctrine du jet des Bombes ;

&

& que cette force ne change point se servant de tant de sortes de poudres si différentes en leur composition & en leurs effets. Qui ne fait que la même poudre, c'est-à-dire celle qui est faite de la même composition, fait effort à proportion de ce qu'elle est plus grosse ou plus menuë grénée, qu'elle est plus humide ou plus sèche, plus nouvelle ou plus vieille? & qui peut assurer que par le poids ou par la mesure, la charge soit toujours la même; & qu'il y ait même quantité de poudre en tous les coups dans la pièce ou dans la chambre du mortier; y ayant plus de poudre dans un même poids quand elle est sèche que quand elle est humide, & plus de poudre menuë grénée que de poudre à gros grains dans une même mesure.

Quel changement n'arrive-t-il pas à l'étenduë des portées par la seule différence des manières de charger la pièce ou le mortier; comme lors-que la bombe est posée (comme on dit) à nud sur la poudre, ou lors-que la

LIV. IV.  
CHAP.  
II.

Seconde objection.  
Les inégalités de la matière empêchent dans la pratique les effets des règles de la Théorie.

LIV. IV.  
CHAP.  
II.

Secon-  
de obje-  
ction.

Les iné-  
galités  
de la ma-  
tière em-  
pêchent  
dans la  
pratique  
les effets  
des ré-  
gles de  
la Théo-  
rie.

chambre est bouchée d'un tampon  
poussé à force ; si la poudre est fort  
ou peu battue , si elle s'allume par  
tout également ou à reprises ; si la  
pièce ou le mortier est échauffé ou s'il  
est froid ; si elle recule ou si elle ne  
sort point de sa place ? & qui peut di-  
re que l'on a pointé la pièce ou le  
mortier dans la précision qu'il doit  
être , quelque soin que l'on y ait pris  
& quelque justes que puissent être les  
instrumens dont on se sert ?

Qui peut répondre que l'ame de la  
pièce ou du mortier soit parfaitement  
droite , égale & bien arrondie au de-  
dans ? Que la bombe y convienne  
précisément , & qu'elle soit parfai-  
tement ronde ? Que la ligne qui fait  
l'axe de la chambre du mortier étant  
continué rencontre précisément le  
centre de la bombe , afin que l'action  
de la poudre embrazée se fasse uni-  
formement autour de sa circonféren-  
ce , & ne lui donne pas plus d'impres-  
sion d'un côté que d'autre ? Que la  
bombe étant chargée ait un même  
cen-

centre de grandeur & de pésanteur ; Que le plan de la batterie soit égal, également fort, uni, & parfaitement de niveau ? Que le mortier soit si bien monté sur son affût que l'axe de ses tourillons traverse celui de l'ame & soit toujours parallele à l'horizon ; & mille autres particularités de cette nature, dont la moindre est capable d'altérer la direction de la balle & de rendre par conséquent inutiles toutes les ingénieuses précautions de la Théorie ; & que sera-ce enfin si toutes ou la plûpart y concourent par leur irrégularité ?

Voilà, ce me semble, ce que l'on peut apporter contre le dessein de ce livre au sujet de la pratique ; à quoi il faut essaier de satisfaire, ainsi que nous avons fait aux difficultez proposées contre la Théorie.

LIV. IV.  
CHAP.  
II.

Seconde objection.  
Les inégalités de la matière empêchent dans la pratique les effets des règles de la Théorie.

**A**insi je dirai à ceux qui donnent tout à la pratique, qu'il est vrai-qu'elle est très-nécessaire en tous les Arts, & particulièrement à la guerre; où l'on ne devient ordinairement habile que par un long usage & par une suite d'observations faites avec grande application & jugement; & où ceux qui n'ont que de la Théorie se peuvent trouver empêchez à l'abord & jusqu'à ce qu'ils se soient reconûs, & qu'ils aient appris à distinguer les tems & les lieux où les règles qu'ils ont apprises, peuvent être employées utilement. Mais qu'il est aussi très-faux de dire que la Théorie leur soit inutile; puis-qu'il n'y a rien de plus certain que cette pratique judicieuse & appliquée, dont je viens de parler, ne contribuë jamais mieux à perfectionner un homme de guer-

guerre , que lors-qu'elle est fondée sur une étude solide de préceptes.

LIV. IV.  
CHAP.  
III.

Et sans m'amuser à rechercher de grans raisonnemens pour appuyer cette pensée , ni à faire un grand dénombrement des fautes considérables où tombent tous les jours ceux qui sont dépourvûs du secours des règles , lors-qu'ils se trouvent dans des rencontres extraordinaires : il suffit de dire que c'est le sentiment du plus grand Roi du monde & du plus habile dans le métier , qui ne voudroit pas que l'on fit perdre le tems à MONSIEUR LE DAUPHIN , en lui enseignant ce qui se peut apprendre de Théorie sur ce sujet , & qui ne voudroit pas se donner la peine de le faire travailler en sa présence & corriger lui-même , en Père & en bon Maître, les fautes qu'il fait sur les desseins des places irrégulières qu'il lui propose à fortifier , comme la chose la plus importante & la plus difficile de la fortification ; s'il n'étoit

Ré-  
ponce à  
la pre-  
mière  
obje-  
ction.

LIV. IV. bien persuadé que ces connoissances  
 CHAP. lui seront utiles à l'avenir.  
 III.

· Ré-  
 ponce à  
 la pre-  
 mière  
 obje-  
 ction.

C'est à cet exemple que la plû-  
 part des personnes de qualité tra-  
 vaillent présentement à cette partie  
 des Mathématiques qui sert princi-  
 palement à la guerre. Et c'est sur  
 ce fondement que les principaux  
 Ministres de sa Majesté se sont soi-  
 gneusement appliqués à cette étude,  
 pour se mettre en état de connoître  
 par eux-mêmes , ce qu'il y a de  
 bon dans les propositions qui leur  
 sont faites ; & de bien juger & du  
 babail des Charlatans , qui ont été  
 en si haute réputation par le passé ,  
 & du savoir solide des gens de mé-  
 rite.

Ce que l'on apporte de la suffi-  
 sance de ceux qui servent présente-  
 ment le Roi dans les batteries , &  
 particulièrement dans celles des  
 Bombes, ne détruit rien de ce que  
 je dis : car quoi qu'il soit constant  
 qu'ils ayent mis cet Art dans un  
 tres haut degré de perfection par la  
 seule



seule force de leur Génie & par leur grande application ; il est aussi très-véritable qu'ils seroient bien plus facilement parvenus à cette haute capacité , s'ils avoient été aidés des connoissances de la Théorie. A le bien prendre, leur savoir se termine à la connoissance des cas particuliers , qu'ils n'ont reconus qu'à force de les avoir observés ; & qu'ils auroient bien plutôt , plus universellement , & plus assurément découverts dans les règles que cette doctrine leur auroit enseignées.

Je pourrois ajouter , que comme les sujets de ce mérite sont extrêmement rares , & se trouvent peu souvent à cause de la difficulté qu'ils ont d'acquérir cette suffisance par les seules observations de pratique ; l'on en devroit ce me semble estimer les règles de la Théorie d'autant plus , qu'elles facilitent les moïens de parvenir à la perfection & qu'elles peuvent par conséquent servir à former de bons Eleves dans cet Art.

LIV. IV.  
CHAP.  
III.

Ré-  
ponse à  
la pre-  
mière  
obje-  
ction.

Ré-  
ponse à  
la se-  
conde  
obje-  
ction.

**L'**On ne peut pas dire à ceux qui proposent les difficultez , que nous avons rapportées ci-devant contre la pratique & qui sont pour la plupart fondées sur la résistance & l'inégalité de la matière , qu'elles ne soient tout-à-fait raisonnables , & qu'il n'y en ait peut-être une infinité d'autres que nous ne conoissions pas, à qui l'on pourroit imputer la cause de ces effets bigearres & surprenans que nous voyons si souvent arriver dans l'Artillerie : mais l'on peut au moins assûrer que ces obstacles peuvent être suffisamment surmontez par le soin & par la méditation laborieuse de ceux qui s'appliquent tout-à-fait à ce métier , & qu'ils ne sont pas capables d'empêcher que l'on ne fasse cependant un bon usage de nos préceptes.

Ceux qui servent présentement  
aux

aux batteries des Bombes , où ils n'agissent que sur les connoissances qu'ils ont acquises par l'expérience , rencontrent toutes les mêmes difficultés & trouvent par tout les mêmes obstacles ; qui cependant ne les empêchent pas de tirer juste : c'est-à-dire qu'ils savent par la pratique le moïen de les connoître & d'y remédier , & d'y appliquer en-suite les règles qu'ils se sont formées par le long usage , par le moïen desquelles ils font porter la bombe où ils veulent. Pourquoi donc , à leur exemple , ne peut-on pas dire que ceux qui se servent des préceptes de cette doctrine , ont le même avantage de pouvoir par la pratique connoître & corriger ces défauts , avant que d'y appliquer les règles de la Théorie.

En un mot on ne peut pas assurer qu'en tous les Arts , la simple connoissance des préceptes suffise à leur perfection ; il faut les savoir appliquer au sujet : & c'est dans cette appli-

LIV. IV.  
CHAP.  
IV.

Ré-  
ponce à  
la secon-  
de objec-  
tion.

cation que l'on trouve toujours la résistance & l'opiniâtreté de la matière, qui fait naître mille obstacles & mille empêchemens, que l'on ne connoît & que l'on n'apprent à vaincre que par la pratique & par l'expérience.

Quelle utilité pourroit on par exemple tirer de la Théorie de la Musique, si l'on ne s'accoutûmoit par un long usage à bien entoner les notes, à se former l'oreille à la justesse des consonances, à bien juger du bon & du mauvais effet qu'elles font dans leur mélange, tant entr'elles que parmi les dissonances que l'on y peut insérer. La science des ordres d'Architecture & la parfaite conoissance de ses préceptes ne peut pas être de grand fruit à un Architecte, s'il ne fait par la pratique quel choix il doit faire des ornemens propres à l'édifice qu'il entreprend ? Quelle est la nature des matériaux qu'il y doit employer, & quel mélange il en doit

doit faire pour leur donner de la fermeté ? Quelle est la qualité du terrain sur lequel il veut bâtir, de quelle manière & de quelles mesures il doit faire ses fondemens pour les rendre solides ; & mille autres particularitez qui rendent les édifices imparfaits & défectueux quand elles sont ignorées ou négligées.

Ré-  
ponse à  
la secon-  
de obje-  
ction.

Ces difficultez néanmoins se peuvent vaincre par le courage & par le travail de ceux qui s'y appliquent serieusement : les surperbes Bâtimens anciens & modernes , & les concerts admirables qui nous ravissent tous les jours , nous aprennent que l'on peut devenir excellent Musicien & parfait Architecte. Enfin après ce que nous avons vû par le retour heureux de ceux qui voyageant , pour ainsi dire , jusqu'en l'autre monde , ont eû la rage des vents , de la mer & des ennemis à combattre , celle de la faim & de la soif , mille périls des rochers , des cou-

LIV. IV.  
CHAP.  
IV.

Ré-  
ponce à  
la secon-  
de ob-  
jection.

rans, du feu ; & qui ont été obligez de mettre en pratique ce qu'il y a de plus fin dans l'astronomie & dans les mécaniques : nous pourrons affûrer qu'il n'y a rien d'impossible aux soins , au travail & à l'industrie de l'esprit de l'homme.

Il est vrai que c'est dans ces grandes occasions que l'on reconôit le mieux les avantages considérables que l'on tire de la science de la Théorie , qui dresse la pratique & perfectionne l'expérience ; qui toutes ensemble font heureusement prendre le bon parti dans les périls les plus présens & les plus pressants.

C'est aussi pour cet effet que le Roi entretient libéralement sur les ports de mer de son Royaume, des personnes intelligentes qui enseignent aux gens de Marine ce qu'ils doivent savoir de Théorie pour la navigation : & qu'il n'a rien épargné dans l'établissement qu'il a fait de ces Académies Illustres pour servir

vir à l'avancement de ses sujets, je veux dire de celle des Sciences, de celle d'Architecture, & de celles de peinture & de Sculpture tant à Paris qu'en Italie; étant persuadé que la gloire de faire refl fleurir les Arts & les Sciences dans ses Etats, n'étoit pas indigne de ces mêmes soins & de cette laborieuse application qui lui donnent tant de victoires.

LIV. IV.  
CHAP.  
IV.

Répon-  
ce à la se-  
conde  
obje-  
ction.

# CHAPITRE V.

*Avantages à espérer de l'institution de la  
Compagnie des Bombardiers.*

L'Institution de la Compagnie des Bombardiers & les expériences qu'ils font pour le jet des bombes, fera sans doute que dans peu cet Art aura toute sa perfection: pourvû qu'ils ne se laissent pas prévenir de pensées de bien-séance, & qu'ils attendent à raisonner sur les proportions de leurs jets, lors-qu'ils auront un bon nombre d'épreuves ex-

CHAP.  
V.

Avan-  
tages à  
espérer  
de l'insti-  
tution de  
la Com-  
pagnie  
des  
Bombar-  
diers.

LIV. IV.  
CHAP.  
V.

Avan-  
tages à  
espérer  
de l'in-  
stitution  
de la  
Com-  
pagnie  
des  
Bombar-  
diers.

actes & fidèles en toutes sortes d'élévation du mortier ; dans lesquelles ils doivent remarquer soigneusement les justes longueurs des portées suivant la différence des angles , ainsi qu'elles se trouvent dans leurs expériences , sans s'amuser à les vouloir corriger par avance sur des faux principes , comme il semble qu'ils ont fait par le passé sur ce qui se voit dans leurs Tables.

Sur tout il seroit bon qu'ils s'accoutumassent à l'usage juste & précis des élévations. Que par une suite d'épreuves ils pussent se faire des règles pour la différence de la poudre , & déterminer si les longueurs des jets faits avec des poudres différentes sur une même élévation sont proportionnelles aux différens points qu'elles font courir sur une même éprouvette. Qu'ils aprissent à bien juger de la différence des mêmes portées suivant la différente quantité de la charge , & suivant la différente manière de la charger avec tampon  
ou



ou fans tampon , avec la poudre plus ou moins battue , & ſelon que le mortier eſt plus ou moins échauffé.

Ces expériences étant bien faites & répétées pluſieurs fois , pourroient donner de grandes lumières pour la ſûreté de l'application des règles de la Théorie , & produire par ce moïen des effets merveilleux pour l'Art de jeter les Bombes ; dont les difficultés , quoi qu'en aſſez grand nombre en apparence , ne ſont pas néanmoins de grande conféquence. Après tout l'on ne veut pas , comme je penſe , exiger d'un Bombardier que ſes tirs ſuivent toujours cette précision Mathématique qui ſe voit dans les meſures du calcul des Tables , & les faire paſſer pour défectueux & déréglez lors-qu'ils s'éloignent ſeulement de quelques piés , ou même d'une toiſe ou de deux , du lieu où l'on lui auroit ordonné de faire porter ſa Bombe : & cela eſt néanmoins le plus grand détraquement que les difficultés.

LIV. IV.  
CHAP.  
V.

Avantages à eſpérer de l'inſtitution de la Compagnie des Bombardiers.

LIV. IV.  
CHAP.  
V.

Avan-  
tages à  
espérer  
de l'in-  
stitution  
de la  
Compa-  
gnie des  
Bombar-  
diers.

ficultés qui naissent de la résistance de la matière, peuvent produire sur l'é-tenduë des tirs d'un mortier, lors-que l'on y a apporté toutes les précautions nécessaires.

Je dirai à ce propos que Moretti In-génieur de la Republique de Venise dit dans son livre de l'Artillerie, que dans deux épreuves qu'il a faites avec beaucoup de soin du jet d'une Bombe de 100 livres pésant en raze campag-ne à l'élévation de 45 dég.; il a remar-qué qu'à la première avec la charge de  $5\frac{1}{2}$  livres de poudre, & à la chambre du mortier fermée d'un tampon de bois poussé à force, la Bombe a porté à la longueur de 600 pas Géometri-ques; mais qu'à la seconde avec la mê-me charge, la chambre étant fermée seulement d'un étoupillon de filasse, el-le n'a porté qu'à la longueur de 480 pas, c'est-à-dire  $\frac{1}{3}$  moins que la portée de la première.

L'on pourroit tirer quelques conje-ctures avantageuses des tables faites sur les observations des Bombardiers  
du

du Roi dont nous avons parlé dans la première partie : lesquelles marquent qu'un mortier de douze pouces de diamètre chargé de 2 livres de poudre chasse à toute volée, c'est-à-dire à l'élévation de 45 dégr. à la longueur de 2160 piés ; à la même longueur chargée de de 2  $\frac{1}{2}$  livres sous l'angle de 36 dégr., & à celle de 2700 piés sous l'angle de 45 dégrez avec la même charge ; à celle de 2664 piés chargé de 3 livres sous l'angle de 37 dégrez, & à celle de 3240 sous l'angle de 45 dégrez avec la même charge.

Ainsi un mortier de 8 pouces de diamètre chargé de  $\frac{1}{2}$  livre de poudre chasse à la longueur de 1870 piés sous l'angle de 45 dégrez ; à celle de 1922 chargé de  $\frac{3}{4}$  livres sous l'angle de 31 dégrez, & à celle de 2790 sous celui de 45 dégrez avec la même charge ; à celle de 2870 chargé de 1 livre de poudre sous l'angle de 35 dégrez, & enfin à celle de 3690 piés à toute volée avec la même charge.

Mais ces proportions sont suspectes,

LIV. IV.  
CHAP.  
V.

Avantages à  
espérer  
de l'in-  
stitution  
de la  
Compagnie des  
Bombardiers.

êtes , à cause de la fausse estime qu'ils ont faite par prévention, comme j'ai dit , de bien-séance pour les augmentations de leurs tirs à chaque degré.

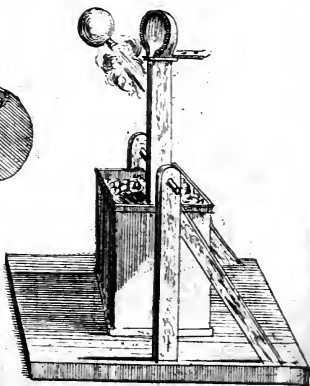
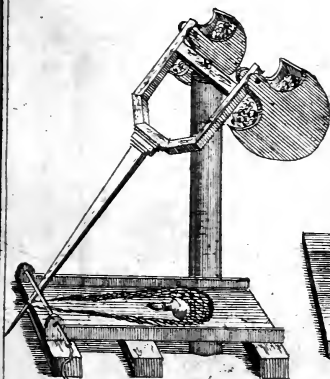
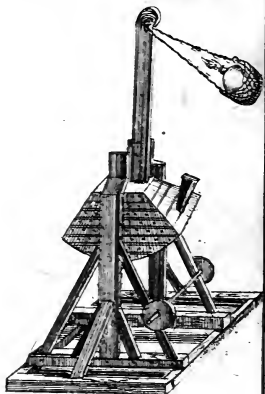
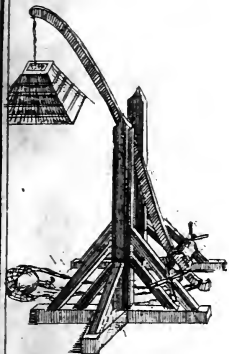
## CHAPITRE VI.

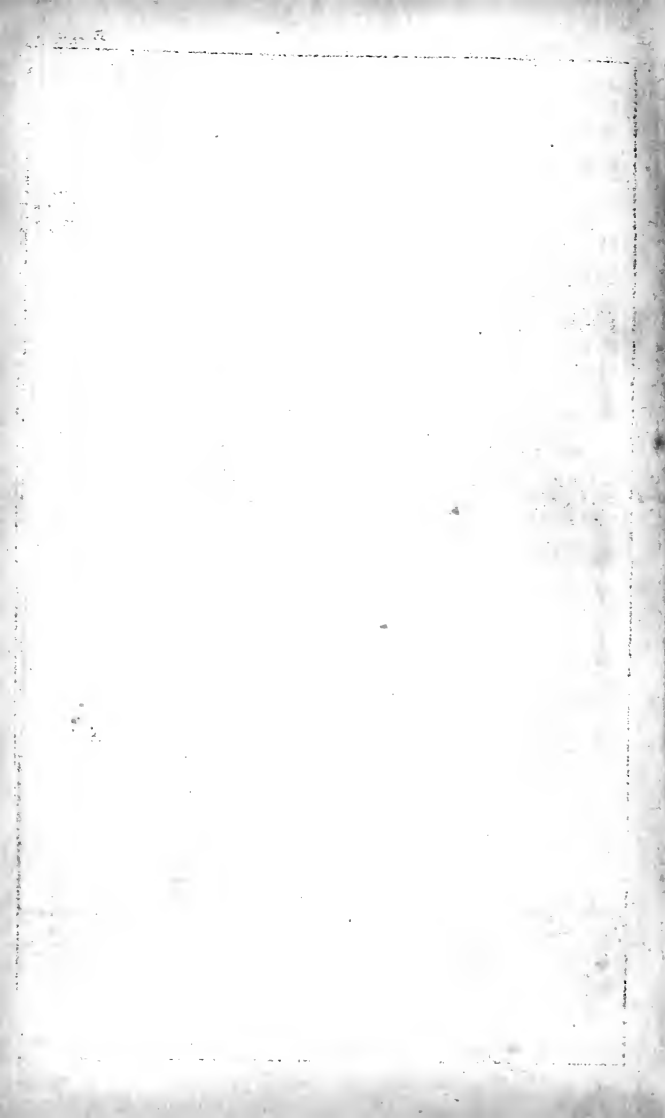
*Usage des mortiers & de quelques autres machines pour le jet des Bombes.*

CHAP.  
VI.

Usage  
des mor-  
tiers &  
de quel-  
ques au-  
tres ma-  
chines  
pour le  
jet des  
Bombes.

**A**U reste les mortiers ne servent pas seulement à jeter des Bombes de toutes sortes de grosseurs, ils font aussi des grans effets avec les pierres , dont on a vû beaucoup d'exemples au siège de Candie ; les Italiens les appellent *Batterie de j Sassi*. L'on jette avec les mortiers des boulets rouges , des pots à feu , des barils ardans, des carcasses qui sont des boites , faites de bandes de fer , de la grosseur des Bombes , couvertes de grosse toile goderonnée , & remplies de grénades & de composition à mettre le feu ; il y en a plusieurs descriptions dans le  
livre





livre du grand Art de l'Artillerie de Cazimir Siemienowski dont nous avons parlé dans la première Partie.

LIV. IV.  
CHAP.  
VI.

Cét Auteur promet d'enseigner, dans sa seconde Partie, diverses inventions de jetter les Bombes sans mortier ; mais cette partie n'a point été imprimée. Il ne laisse pas de dire en passant que les frondes pourroient être fort utiles, au moins pour jetter les GRENADÉS, si l'on s'en rendoit l'usage familier. A quoi je puis ajouter que dans les desseins des Machines antiques, il y a des grandes frondes attachées à des Trébuchez qu'ils appelloient *Fundibala* ; & qui servoient aux anciens à jetter dans les villes assiégées des pierres plus pèsantes que nos Bombes ; ce qui me fait dire que l'usage n'en seroit peut-être pas à mépriser. En voici quelques desseins.

Usage  
des mor-  
tiers &  
de quel-  
ques au-  
tres ma-  
chines  
pour le  
jet des  
Bombes.

Celle-ci est de l'invention de Monsieur Perrault, dont nous avons parlé ci-devant.

Les deux poids A A font tourner les roües B & la barre C D quand on lâche

LIV. IV.  
CHAP.  
VI.

Usage  
des mor-  
tiers &  
de quel-  
ques au-  
tres ma-  
chines  
pour le  
jet et des  
Bombes.

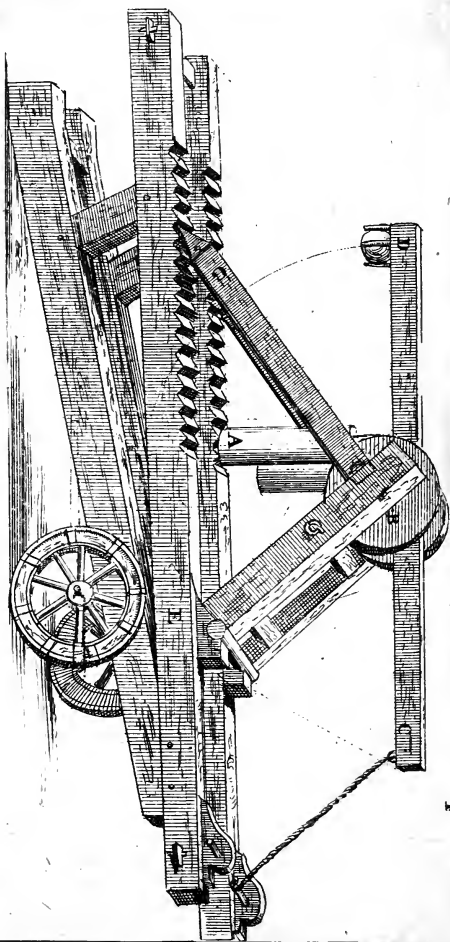
lâche la corde qui la retient en C. Cette barre, après avoir fait le demi-tour D E, frappe contre la traverse posée en E, & donnant l'impression à la Bombe D, elle la fait partir avec violence suivant la direction de la droite E F qui touche le demi-cercle D E en E. La branche mobile G arrêtée près ou loin du point E sur les dents marquées en E G, donne telle élévation que l'on veut au jet de la Bombe en haussant ou baissant la machine.

Je finis par l'explication d'une manière extraordinaire de jetter des pierres sans mortier.

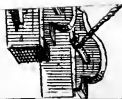
Les Polonois assistez des troupes auxiliaires de l'Empereur sous la conduite du Comte de Souches, assiégèrent en l'année 1659 la ville de Torn en Prusse tenue par les Suedois; dans laquelle ils jetoient très-souvent des pierres d'une grosseur monstrueuse, des gros quartiers de meules de moulin & des Carreaux de plus de 800 pésant sans se servir de mortiers, en











en cette manière. Dans le terrain rassis près de la contr'escarpe ils creusent des trous justement de la grandeur & de la figure de la pierre qu'ils vouloient jeter, dont le fond plat & uni étoit tourné vers la ville avec tel angle d'inclination qu'ils jugeoient par l'estime qu'il falloit donner pour la direction de leur jet; & dans le milieu du même fond, ils creusent un autre trou plus profond en forme de chambre, & de telle sorte que l'axe de ce dernier trou passant par le centre de gravité de la pierre se trouvât perpendiculaire à son lit & fut le même que la ligne de sa direction. Ils emplissoient le trou avec de la poudre si la terre étoit assez ferme, ou bien il y faisoient entrer un pétard d'une grandeur proportionnée au poids de la pierre, qui posant sur le plan du mardrier du pétard ou du tampon de la chambre, recevoit l'impression entière du feu de la poudre que l'on allumoit par le moyen d'un filet trempé dans l'eau de vie & de la compo-

tion

LIV. IV.  
CHAP.  
VI.

Usage  
des mor-  
tiers &  
de quel-  
ques au-  
tres ma-  
chines  
pour le  
jet des  
Bombes.

LIVRE SECON D.

Sentimens des Auteurs Modernes sur  
la nature du jet des Bombes.

- CHAP. I. *S*entiment de DiégoUfano sur les  
Coups de volée. p. 22
- CHAP. II. Découvertes du même Ufano. p. 25
- CHAP. III. Pratique d'Ufano examinée. p. 31
- CHAP. IV. Pratique de Louïs Collado exami-  
née. p. 38
- CHAP. V. *S*entiment de Rivaut de Florence.  
p. 42
- CHAP. VI. Origine des Arquebuses à vent. p. 43
- CHAP. VII. Pratique de Rivaut examinée. p. 44
- CHAP. VIII. Le grand Art de l' Artillerie de Sie-  
mienowski. p. 48
- CHAP. IX. Pratique de Daniel Elrich exami-  
née. p. 49
- CHAP. X. *S*entiment de Galée. p. 56
- CHAP. XI. Pratique de Galée examinée. p. 59
- CHAP. XII. Pratique des Bombardiers du Roi  
examinée. p. 67

SECONDE PARTIE.

Pratiques de l'Art de jetter les Bombes.

LIVRE PREMIER,

Pour les jets dont l'étendue est au niveau des batteries par le moyen des Sinus.

CHAP. I. **P**our trouver l'étendue d'un coup sur une élévation donnée. p. 77

CHAP. II. Trouver l'angle de l'Élévation pour une étendue donnée. p. 79

CHAP. III. Table des Sinus servant au jet des Bombes. p. 80

CHAP. IV. Usage de la Table pour trouver l'étendue sur une élévation donnée.

*in croquis 5 p. 82*  
CHAP. V. Pour trouver l'élévation sur une étendue donnée. p. 83

*Annexes de la Table*  
CHAP. VI. Table des hauteurs des jets d'une même force. p. 85

CHAP. VII. Table des hauteurs & sublimités des jets de même étendue. p. 89

CHAP. VIII. Table de la force des jets de même étendue. p. 92

# TABLE DES LIVRES

## LIVRE SECOND.

Pratiques des jets dont l'étenduë est au niveau des batteries, par le moyen des Instrumens.

CHAP. I. **P**ar l'Equerre des Canopiers rectifiée. p. 96

CHAP. II. Par le demi-cercle de Torricelli. p. 102

CHAP. III. Par un autre Instrument sans le besoin des Sinus. p. 107

## LIVRE TROISIEME.

Pratiques des jets dont l'étenduë n'est pas au niveau des Batteries.

CHAP. I. **P**ortée de but en blanc d'une pièce élevée au-dessus du plan horizontal. p. 113

CHAP. II. Portée sur un plan incliné d'une pièce pointée sous un angle donné. p. 115

CHAP. III. Trouver l'angle de l'Elévation de la pièce. p. 120

CHAP. IV. Première pratique par les Sinus. p. 121

CHAP. V. Seconde pratique par les Sinus. p. 124  
Trois-



ET DES CHAPITRES.

CHAP. VI. *Troisième pratique par les Sinus.* p. 127

CHAP. VII. *Quatrième pratiq. par les Sinus.* p. 128

CHAP. VIII. *Cinquième pratique par le demi-cercle de Torricelli rectifiée.* p. 133

LIVRE QUATRIEME.

Pratique Universelle.

CHAP. I. **C**onstruction d'un Instrument pour toutes sortes de jets. p. 138

CHAP. II. *Son usage pour les portées qui sont au niveau des batteries.* p. 140

CHAP. III. *Pour les portées qui ne sont pas au niveau des batteries.* p. 142

CHAP. IV. *Trouver l'élévation de la pièce quand l'inclination est au-dessus du niveau des batteries.* p. 143

CHAP. V. *Trouver l'élévation de la pièce quand l'inclination est au-dessous du niveau des batteries.* p. 146

CHAP. VI. *Trouver la distance horizontale, ou la longueur du plan incliné, ou la perpendiculaire.* p. 147

# TABLE DES LIVRES

## LIVRE CINQUIEME.

Application du compas de proportion  
aux jets des Bombes.

- CHAP. I. **P**our les portées qui sont au niveau des batteries. p. 150
- CHAP. II. Usage du Compas de proportion pour les portées qui ne sont pas au niveau des batteries. p. 155
- CHAP. III. Trouver l'élévation de la pièce quand le plan est incliné sur le niveau des batteries. p. 156
- CHAP. IV. Trouver l'élévation de la pièce quand le plan est incliné sous le niveau des batteries. p. 158
- CHAP. V. Trouver la distance horizontale, ou la longueur du plan incliné, ou la perpendiculaire. p. 160

## LIVRE SIXIEME.

Autre Instrument Universel pour le  
jet des Bombes.

- CHAP. I. **C**onstruction d'un Instrument Universel pour le jet des Bombes. p. 164
- Usage

ET DES CHAPITRES.

- CHAP. II. *Usage d'un Instrument Universel  
pour le jet des Bombes.* p. 166
- CHAP. III. *Autre usage de cet Instrument U-  
niversel.* p. 170
- 

TROISIÈME PARTIE.

De la Théorie du jet des Bombes.

LIVRE PREMIER.

Doctrine de Galilée sur le mouvement.

- CHAP. I. **D**ialogues Mécaniques de Gali-  
lée du mouvement & de la ré-  
sistance des solides. p. 175
- CHAP. II. Deux espèces de mouvement. p. 177
- CHAP. III. Première pensée de Galilée pour ex-  
pliquer l'augmentation de vîtes-  
se du mouvement accéléré. p. 179
- CHAP. IV. Suites admirables de la première  
pensée de Galilée. p. 181
- CHAP. V. Seconde pensée de Galilée pour ex-  
pliquer l'augmentation de vîtesse  
au mouvement accéléré. p. 189
- CHAP. VI. Explication de la même pensée. 191
- CHAP. VII. Propriétés du mouvement accéléré.  
p. 194

# TABLE DES LIVRES

- CHAP. VIII. *Suites admirables des propriétés du mouvement.* p. 196
- CHAP. IX. *Raisonnement sur les deux pensées de Galilée.* p. 200

## LIVRE SECOND.

### Théorie du mouvement de projection.

- CHAP. I. **E** *Spèces différentes du mouvement de projection.* p. 203
- CHAP. II. *Mouvement perpendiculaire en haut ou en bas.* p. 204
- CHAP. III. *Mouvement de projection horizontale.* p. 207
- CHAP. IV. *Naissance & propriétés de la ligne Parabolique.* p. 208
- CHAP. V. *La ligne de la projection horizontale est Parabolique.* p. 210
- CHAP. VI. *Les lignes des projections obliques sont aussi paraboliques.* p. 216
- CHAP. VII. *Manière de mesurer les différens degrés de la force imprimée au mobile jetté.* p. 224.
- CHAP. VIII. *Proportion des Amplitudes des Paraboles & des sinus du double des angles de leurs touchantes.* p. 231
- CHAP. IX. *Suite de cette Proportion.* p. 233

LIVRE TROISIEME.

Démonstration des pratiques de l'Art de jeter les Bombes. Et premièrement pour les jets dont l'élévation est au niveau des batteries, & par le moyen des sinus.

CHAP. I. **P**our trouver l'étendue d'un coup sur une élévation donnée. p. 238

CHAP. II. Pour trouver l'angle de l'élévation pour une étendue donnée. p. 241

CHAP. III. Démonstration de la Table des sinus servans au jet des Bombes. p. 244

CHAP. IV. Démonstration de la Table des jets poussés d'une même force. p. 246

CHAP. V. Démonstration de la Table des hauteurs & sublimités des jets de même étendue, & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étendue en toutes sortes d'élévation. p. 249

# TABLE DES LIVRES

## LIVRE QUATRIEME.

Démonstration des pratiques pour les jets  
dont l'étenduë est au niveau des batteries  
& par le moyen des instrumens.

- CHAP. I. **D**émonstration de l'Equerre des  
Canoniers rectifiée. p. 257
- CHAP. II. Démonstration du demi-cercle de  
Torricelli. p. 262
- CHAP. III. Démonstration d'un autre Instru-  
ment sans le besoin des sinus. 265

## LIVRE CINQUIEME.

Démonstration des pratiques pour les jets  
dont l'étenduë n'est pas au niveau  
des batteries.

- CHAP. I. **P**our la portée sur un plan incliné  
d'une pièce pointée sous un angle  
donné. p. 270
- CHAP. II. Pour la portée de but en blanc d'une  
pièce élevée au dessus du plan  
horizontal. p. 276
- CHAP. III. Sentiment du R. P. de Challes pour  
les portées sur des plans inclinés.  
p. 280. Pro-

ET DES CHAPITRES.

- CHAP. IV. *Problème proposé pour les portées sur  
des plans inclinés.* p. 283
- CHAP. V. *Résolution du Problème par Monsr.  
Buot.* p. 285
- CHAP. VI. *Résolution du Problème par Monsr.  
Rômer.* p. 287
- CHAP. VII. *Résolution du Problème par Monsr.  
de la Hire.* p. 291

LIVRE SIXIEME.

Démonstration des Pratiques par les Sinus.

- CHAP. I. **D***émonstration de la première  
pratique par les sinus.* p. 295
- CHAP. II. *Démonstration de la seconde prati-  
que par les sinus.* p. 298
- CHAP. III. *Démonstration de la troisième prati-  
que par les sinus.* p. 302
- CHAP. IV. *Démonstration de la quatrième pra-  
tique par les sinus.* p. 305

TABLE DES LIVRES

LIVRE SEPTIEME.

Démonstration des Pratiques par les  
Instrumens.

- CHAP. I. **D**émonstration de la première  
pratique par le demi-cercle de  
Torricelli rectifié. p. 313
- CHAP. II. Démonstration des pratiques par un  
Instrument pour toutes sortes de  
jets. p. 317
- CHAP. III. Pour les jets qui sont au niveau des  
batteries. p. Idem
- CHAP. IV. Pour les jets qui ne sont point au ni-  
veau des batteries. p. 321
- CHAP. V. Démonstration des pratiques par le  
Compas de proportion. p. 328
- CHAP. VI. Pour les portées qui sont au niveau  
des batteries. p. 330
- CHAP. VII. Pour les portées qui ne sont pas au ni-  
veau des batteries. p. 334

LIVRE HUITIEME.

Doctrine de M. Cassini pour le jet des  
Bombes.

- CHAP. I. **L**ignes d'égalité, d'impulsion &  
de chute respective. p. 338
- De



ET DES CHAPITRES.

CHAP. II. *De la ligne d'égalité.* p. 341

CHAP. III. *Lignes d'égalité, d'impulsion & de chute respectives sont trois proportionnelles.* p. 344

CHAP. IV *Sur une direction & sur une distance donnée; trouver la ligne d'égalité.* p. 345

CHAP. V. *La ligne d'égalité & la distance étant données: trouver la direction.* p. 346

CHAP. VI. *Démonstration de la construction & de l'usage de l'instrument Universel pour les jets des Bombes.* p. 350.

CHAP. VII. *Démonstration de ce qui s'est ajouté à l'Instrument Universel pour en rendre l'usage plus facile.* p. 353

# TABLE DES LIVRES

## QUATRIEME PARTIE.

Résolution des difficultés qui se trouvent  
dans la Doctrine du jet des Bombes.

### LIVRE PREMIER.

Solution des Objections faites contre la  
Théorie.

CHAP. I. **E**xplication de ce qui a été suppo-  
sé dans la Théorie. p. 359

CHAP. II. Première Objection. La ligne ho-  
rizontale n'est point droite, & les  
perpendiculaires ne sont point  
paralleles. p. 361

CHAP. III. Seconde Objection. La force im-  
primée au mobile n'est point per-  
petuelle, égale & uniforme. p. 364

CHAP. IV. Troisième Objection. La résistan-  
ce de l'air altère la proportion du  
mouvement causé par la pésan-  
teur. p. 371

CHAP. V. Quatrième Objection. Deux mou-  
vemens différens n'entrent point  
en composition l'un avec l'autre  
sans alteration. p. 377

Cin-

ET DES CHAPITRES.

CHAP. VI. Cinquième Objection. *Les espaces parcourus par le mobile tombant ne sont peut-être pas dans la proportion des quarrés des tems de la chute.* p. 381

CHAP. VII. Sixième Objection. *Cette Théorie est souvent contraire à l'expérience.* p. 382

LIVRE DEUXIEME.

Réponces aux Objections proposées concernant la Théorie.

CHAP. I. **R**éponse à la première Objection. p. 384

CHAP. II. Réponse à la seconde Objection. p. 391

CHAP. III. Réponse à la troisième Objection. p. 405

CHAP. IV. Réponse à la quatrième Objection. p. 416

CHAP. V. Réflexions sur le sujet de l'Artillerie. p. 425

CHAP. VI. Suite de la réponse à la quatrième Objection. p. 429

CHAP. VII. Réponse à la cinquième Objection. p. 437  
Raisons

# TABLE DES LIVRES

|             |   |        |
|-------------|---|--------|
| CHAP. VIII  | <i>Raisons de Galilée pour montrer que la vitesse du corps qui tombe ne s'accroît pas à proportion des espaces.</i> | P. 440 |
| CHAP. IX.   | <i>Raisons de Gassendi au même sujet.</i>   | P. 442 |
| CHAP. X.    | <i>Un mobile en tombant acquiert à chaque moment un nouveau degré de vitesse.</i>                                   | P. 450 |
| CHAP. XI.   | <i>Prouvé par diverses expériences.</i>   | P. 453 |
| CHAP. XII.  | <i>Raisonnemens de Balian au même sujet.</i>  | P. 468 |
| CHAP. XIII. | <i>Raisonnemens de M. Hugen.</i>  | P. 474 |
| CHAP. XIV.  | <i>Suite de la réponse à la cinquième Objection.</i>  | P. 480 |
| CHAP. XV.   | <i>Réponse à la sixième Objection.</i>  | P. 482 |

ET DES CHAPITRES.

LIVRE TROISIEME.

Confirmation de la même Doctrine  
par les Expériences.

- CHAP. I. **E**xplication d'une Expérience du  
P. Mersene. p. 487
- CHAP. II. Première Expérience faite à l'Aca-  
démie Royale des Sciences par M.  
Mariote. p. 490
- CHAP. III. Seconde Expérience faite à l'Acade-  
mie Royale des Sciences, par la  
machine de Monsieur Perrault.  
p. 492
- CHAP. IV. Troisième Expérience faite à l'Aca-  
démie Royale des Sciences par le  
moyen du vif-argent. p. 495

LIVRE QUATRIEME.

Résolution des difficultés de la pratique  
du jet des Bombes.

- CHAP. I. **P**remière Objection. La Théo-  
rie n'est point nécessaire pour les  
pratiques de la guerre. p. 502
- CHAP. II. Seconde Objection. Les inégali-  
tés

TABLE DES LIVRES. ET DES CHAPITRES.

*tés de la matière empêchent dans  
la pratique les effets des règles de  
la Théorie.*

P. 504

CHAP. III. *Réponse à la première Objection.* 508

CHAP. IV. *Réponse à la seconde Objection.* 512

CHAP. V. *Avantages à espérer de l'Institution  
de la Compagnie des Bombardiers.*

P. 517

CHAP. VI. *Usage des Mortiers , & de quel-  
ques autres Machines pour le jet  
des Bombes.*

P. 522

Fin de la Table.





